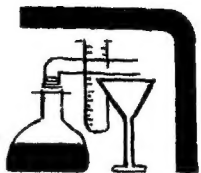
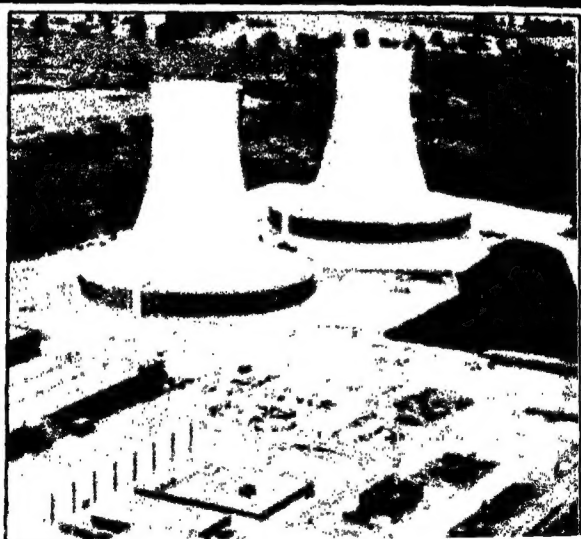


تبسيط العلوم



السلامة الإشعاعية
وحوادث المحطات النووية

د. محمد بن محمد بن محمد



تبسيط العلوم

السلامة الإشعاعية وحوادث المحطات النووية

د. محمد أحمد محمود جمعه

نائب رئيس الجمعية الدولية لليزياء
الإشعاع للشرق الأوسط وأفريقيا



الهيئة العامة للغذاء والدواء

١٩٨٧

مقدمة

خلال الربع الثانى من عام ١٩٨٦ حدث حريق بمفاعل تشيرنوبل الروسى وانطلقت سحابة اشعاعية وصلت الى السويد حيث تم اكتشافها خلال أقل من يومين على بعد ١٣٠٠ كيلو متر .

وخلال الشهر الأول بعد الحادثة كثر استخدام الفاظ ومصطلحات لوحداث الاشعاع ومنها وحدات الكورى - البكريل - الريم والملى ريم والرونتجون والملى رونتجون والرونتجون لكل ساعة .

كما أدت هذه الحادثة الى التفكير فى إلغاء البرنامج النووى المصرى ، وكذلك الى تشكيل لجنة للطوارئ الاشعاعية بمصر ولجان عربية اخرى لتابعة الرصد الاشعاعى فى الهواء والماء والسلسلة الغذائية .

وخلال الاسبوع الاخير من شهر مايو من نفس العام

حدث ما يعرف بحادثة وحدة الكوبالت - ٦٠ المشع
بجامعة القاهرة .

وخلال الاسبوع الاول من شهر يوليو من نفس العام
ذكر بالجرائد اليومية عن وضع قواعد وضوابط خاصة
بمرور السفن النووية بالممرات الدولية (قناة السويس) .

لهذا اخترت سلسلة تبسيط العلوم لتعريف
القارئ بالمعلومات الاساسية اللازمة عن الاشعاع (ووحدة
النشاط الاشعاعى الكورى وعن تفاعل الاشعاع) مع
المواد وطرق الوقاية من الإشعاع والسلامة الاشعاعية
وانواع التعرضات مع ذكر لبعض المصادر الاشعاعية .
ولكى نتكلم عن حوادث المحطات النووية كان لا بد من ذكر
شيء عن ادارة الطاقة الذرية المصرية ثم عن محطات القوى
الكهوبائية لتوليد الكهرباء - فحادثة مفاعل جزيرة الثلاثة
أفيال الامريكية وحادثة حريق مفاعل تشير نوبل الروسى .
وأخيرا تلخيص لحادثة وحدة الكوبالت المشع .

وارجو أن أكون من خلال هذه السلسلة الخاصصة
بتبسيط العلوم قد بسطت ما أعرفه من علم والله الموفق

د. محمد أحمد محمود جبهة

القاهرة : فى ١٨/٧/١٩٨٦

تهتم علوم الاشعاع بطرق توليده وتفاعله مع المواد واستخدامه والكشف عنه وكيفية الحماية منه . ويطلق لفظ أشعة أيضا على الاشعاع المستخدم في التشخيص والعلاج الطبي ، كما يطلق هذا المصطلح على نوع واحد من الاشعاع مثلا اشعة الفا أو اشعة جاما مثلا .

وكما هو معروف للجميع أن الاشعاع لا نحس به بل ندركه من خلال أثره بالمواد .

ويمكن تصنيف الاشعاع الى اشعاع موجي واشعاع جسيمى .

وتنتقل الاشعاعات الموجية من الذرة نتيجة اثارتها فيما عدا أشعة جاما التى تنطلق من نواة الذرة نتيجة اثارها .

وتنتقل الاشعاعات الجسيمية نتيجة تآين الذرة (سنعرف عملية التآين بنفس الفصل فيما بعد) كما تنتقل الاشعاعات الجسيمية نتيجة التحولات النووية (ظاهرة النشاط الاشعاعى بالطبيعة) أو نتيجة التفاعلات النووية .

تستخدم في وسائل الإعلام مصطلحات اشعاعية
لذا نرى التعريف بها :

الاشعاع الذرى : موجات تنتشر بسرعة الضوء
(٣٠٠ الف كيلو متر فى الثانية) وتولد نتيجة حركة
الكترونات الذرة ويطلق على الوحدة من هذه الموجات
بالفوتونات وكل فوتون يحمل طاقة .

الاشعاع النووى : يشتمل على موجات تنتشر
بسرعة الضوء تولد نتيجة اثاره النواة وتحمل هذه
الفوتونات طاقة . كما تشتمل على جسيمات ذات كتل
متناهية فى الصغر وهى بدورها تحمل طاقة .

وقبل التعريف بأنواع الاشعاع المختلفة علينا أن
نتكلم عن الذرة ونواتها وحتى نتخيل الذرة ونواتها علينا
أن نتخيل المجموعة الشمسية ولكن بحجم متناهى فى
الصغر .

فنواة الذرة (جسيم ذو كتلة صغيرة جدا) فى مركز
الذرة ويدور حول النواة - الكترونات (جسيمات ذات
كتل صغيرة جدا جدا) وكل الكترون يدور فى مستدار
محدد ، ويصل نصف قطر الذرة ١/١٠٠ من المليون من
السينتيمتر .

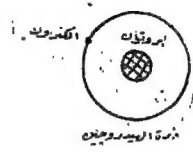
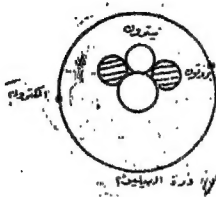
وتتكون نواة الذرة من نوعين من الجسيمات هى
البروتونات (كلمة تعنى الجسيمات الموجبة)

والنيوترونات (كلمة تعنى الجسيمات المتعادلة) .

ويتغير حجم النواة حسب عدد الجسيمات التى بداخل الذرة ، فيكون الحجم أقل ما يمكن فى حالة الهيدروجين فيصل نصف قطر نواة الذرة الى 10^{-14} م من مليون المليون من السنتيمتر . ويزداد نصف القطر بزيادة عدد الجسيمات حتى تصل الى اليورانيوم وهو أثقل العناصر الموجودة بالطبيعة ويدخل بنواته ٩٢ من البروتونات و ١٤٦ من النيوترونات . ويطلق على عدد البروتونات والنيوترونات بنواة الذرة بالعدد الكتلى .

الذرة متعادلة من ناحية الشحنة الكهربائية ولأن نواة الذرة موجبة الشحنة الكهربائية لابد من توفر جسيمات سالبة الشحنة بالذرة وهى الالكترونات التى تدور خارج نواة الذرة وحولها .

ومن أبعاد نواة الذرة والذرة نجد أن داخل الذرة كتلة ذات كثافة عالية (الكثافة النووية) وفراغ وخلال هذا الفراغ تدور الالكترونات . وللعلم فقط فإن كتلة الالكترون 9×10^{-31} جرام وكتلة البروتون أو النيوترون 1.67×10^{-24} جرام ، أى أن الجسيمات النووية أثقل من الالكترونات ١٨٠٠ مرة .



شكل رقم (١) نموذج ذرة عنصر الهيدروجين وذرة عنصر الهيليوم.

الاشعة

استخدم الاطباء مصطلح أشعة منذ اكتشاف الاشعة السينية عام ١٨٩٥ وظاهرة النشاط الاشعاعي عام ١٨٩٦ ويرجع الفضل الى العالم الانجليزى رثرفورد فى تسمية الاشعاع الصادر من الراديوم الى أشعة الفا واشعة بيتا وأشعة جاما .

ويطلق لفظ أشعة الراديوم على الاشعاع الصادر من الراديوم .

ومن خلال دراسة خواص وصفات هذه الاشعة اتضح ما يلى :

أشعة الفا عبارة عن نواة ذرة الهليوم وهى عبارة عن جسيمات (٢ من البروتونات و ٢ من النيوترونات) . وتتولد أشعة الفا نتيجة التحولات النووية بالعناصر الثقيلة بالطبيعة كاليورانيوم مثلاً ، حيث يقل الترابط بين الجسيمات العديدة بالنواة لكثرتها ولزيادة النسبة بين النيوترونات الى البروتونات بها . فتهرب هذه الجسيمات تاركة نواة الذرة وهى تحمل طاقة . كما أن أشعة الفا تتولد من التفاعلات النووية .

أشعة بيتا وهي عبارة عن جسيمات موجبة الشحنة
البروترون = الكترون موجب) أو جسيمات سالبة
الشحنة (الكترونات) وتنطلق مع التحولات النووية
للعناصر الثقيلة بالطبيعة ومن التفاعلات النووية .

أشعة جاما وهي عبارة عن موجات تنبعث من نواة
الذرة المثارة وكل فوتون يحمل طاقة .

أشعة أكس واكتشفها العالم كونراد رونتجون وأطلق
عليها أشعة رونتجون إلا أن أشعة أكس أو الأشعة السينية
هو اللفظ المستخدم عالميا في الوقت الحالي وهي عبارة عن
موجات تنبعث من خارج نواة الذرة . وكل فوتون يحمل
طاقة .

الاشعة الكهرومغناطيسية

توصل العلماء الى وجود رابط بين اشعة جاما واشعة اكس والاشعة الفوق بنفسجية والضوء المرئي والاشعة دون الحمراء والميكرووف واشعة الراديو الترددى والموجات الكهربائية . وهذا الرابط هو أن سرعة هذه الاشعة هو سرعة الضوء (٣٠ الف كيلو متر فى الساعة) . وأطلق العلماء على الوحدة من هذه الموجات الفوتون .

كما توصل العلماء الى أن طاقة الفوتون ترتبط مع تردد هذه الموجات . فكلما زاد التردد زادت الطاقة .

ولقد وجد العلماء أن طاقة فوتونات اشعة جاما واشعة اكس عالية وطاقة فوتونات الموجات الكهربائية منخفضة .

وأطلق مصطلح الكهرومغناطيسية على هذه الاشعة بسبب طريقة توليدها من داخل الذرة المثارة . فكما هو معروف أن نتيجة حركة الشحنات السالبة (الكثرونات) يتولد تيار كهربى ونتيجة وجود تيار كهربى يوجد مجال مغناطيسى متعامد معه وتنتشر الموجات الكهرومغناطيسية فى اتجاه متعامد على كل منهما . ولفظ كهرومغناطيسية

لفظ مركب من كلمتي الكهربائية والمغناطيسية .

وعليه فإن الأشعة فوق البنفسجية موجات كهرومغناطيسية تنطلق من الذرات المثارة وكل فوتون يحمل طاقة أقل من طاقة أشعة أكس وأكبر من طاقة الضوء المرئي .

والضوء المرئي موجات كهرومغناطيسية تنطلق من الذرات المثارة وتحمل الفوتونات طاقة أقل من طاقة الأشعة فوق البنفسجية إلا أنها أكبر من طاقة الأشعة دون الحمراء . وكما نعلم أن هذا الضوء يتحلل إلى سبعة ألوان وهي طبقاً لطاقتها البنفسجية - النيلي - الأزرق - الأخضر - الأصفر فالبرتقالي وأقلهم من ناحية الطاقة الأحمر . ومن مصادر الضوء المرئي الذي يستخدم بكثرة في الطب والصناعة أشعة الليزر وهي ضوء مرئي أحادي الطاقة ينتشر بكميات هائلة في مسار دقيق وعليه تكون الطاقة الكلية المصاحبة له كبيرة جداً وعليه يستخدم في عمليات القطع واللحام .

- الأشعة دون الحمراء أو الأشعة الحرارية وهي موجات كهرومغناطيسية وتحمل فوتوناتها طاقة أقل من طاقة الضوء المرئي وتزيد عن طاقة فوتونات الميكرووف (الموجات القصيرة) .

- الميكرووف : موجات كهرومغناطيسية وتحمل فوتوناتها طاقة أقل من طاقة الأشعة دون الحمراء

وتستخدم حاليا أفران الميكرووف فى اغذية الطعام وفى الأغراض الطبية. وتتميز هذه الموجات بانتهائها فى الأوساط المسامية مثل السراميك ولا تنتشر فى الأوساط المعدنية .

— وأشعة الراديو الترددى هى أيضا موجات كهرومغناطيسية تحمل فوتونات لها طاقة أقل من الميكرووف .

— الموجات الكهربية وهى موجات كهرومغناطيسية وتحمل فوتونات لها طاقة أقل من طاقة الميكرووف وتقسم هذه الموجات الى موجات قصيرة وموجات متوسطة وموجات طويلة .

مما سبق يتضح أن للاشعاع (أو الأشعة) الموجى والجسمى طاقة . ويعتمد تأثير الاشعاع على المواد طبقا لطاقة الشعاع . ويمكن تصنيف الاشعاع الى اشعاع مؤين واشعاع غير مؤين . والاشعاع المؤين هو الذى يسبب تأين لذرات الوسط الذى يعبره . والاشعاع غير المؤين هو الذى لا يسبب تأين لذرات الوسط الذى يعبره ولكن يسبب إثارة ذراته .

ويضم الاشعاع المؤين أشعة الفا وأشعة بيتا وأشعة جاما وأشعة اكس هذا بالإضافة الى نواتج التفاعلات النووية .

ويضم الاشعاع غير المؤين الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة دون الحمراء والميكرووف والموجات الكهربية •

وحتى نفهم تأثير الاشعاع بالمواد علينا أن نعرف ظاهرة الاثارة وظاهرة التأين •

الانارة

تكون الذرة مستقرة عندما تكون فى أقل مستوى طاقة وتصبح الذرة غير مستقرة عندما تكتسب طاقة •
أى تصبح الذرة مثارة وتكون فى مستوى طاقة أعلى من مستوى الطاقة للذرة المستقرة •

وتحصل الذرة على الطاقة الزائدة نتيجة امتصاص فوتونات أو جسيمات •

ونتيجة لامتصاص الطاقة الزائدة تعيد الذرة ترتيب الإلكتروناتها بالمدارات حول الذرة • وفى خلال فترة زمنية (واحد على مليون من الثانية) تعود الإلكترونات الى المدار الأسمى مع إطلاق الموجات الكهرومغناطيسية (فوتونات) •

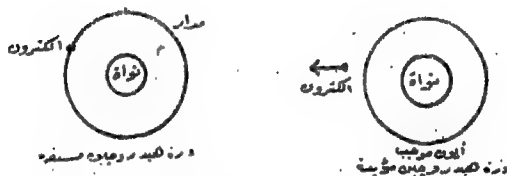
وتعتمد طاقة الفوتونات المنبعثة على نوع الذرة وعلى كمية الطاقة الزائدة •

والنواة المستقرة أيضا تكون فى وضع أقل طاقة وتكون النواة المثارة فى مستوى طاقة أعلى من مستوى الطاقة للنواة المستقرة وتصبح النواة مثارة بواسطة امتصاص فوتونات أو جسيمات ونتيجة لهذه الطاقة

الزائدة تعيد النواة توزيع الشحنات الكهربائية بداخلها
مما يؤدي الى انبعاث موجات كهرومغناطيسية من النواة
(أشعة جاما) .

التأين

تعرف عملية التأين بأنها عملية تحويل الذرة المستقرة الى أيون موجب والكثرون (الزوج الأيوني) .



شكل رقم (٧) نموذج لذرة الهيدروجين المؤينة وذرة هيدروجين مستقرة

وكما سبق ذكره أن الذرة متعادلة من ناحية الشحنة لوجود الالكترونات سالبة الشحنة والتي تسبح حول النواة ووجود البروتونات الموجبة داخل النواة هذا بالاضافة الى أن عدد الجسيمات السالبة = عدد الجسيمات الموجبة ويطلق على هذا العدد بالعدد الذرى .

وعند اكتساب الذرة طاقة من الفوتونات او الجسيمات تزيد عن الطاقة اللازمة للاثارة وكافية لك الارتباط بين الكترون أو أكثر ونواة الذرة (قوة الربط قوة كهربية) • تترك هذه الالكترونات الذرة تماما وتصبح الذرة فى هذه الحالة غير متعادلة من ناحية الشحنة الكهربية وتتحول الى ايون موجب الشحنة .

وعلى سبيل المثال عند مرور الأشعة السينية فى حيز من الهواء فان فوتونات الأشعة السينية التى تمتصها ذرات الأكسوجين والنيتروجين تتسبب فى تأين هذه الذرات وتتحرد الكترونات وتنطلق بطاقة حركية عالية كما تتكون ايونات موجبة وتتسبب الالكترونات الحرة فى تأين ذرات أخرى للهواء •

وللعلم تعرف الموسوعة البريطانية (*) علم الفيزياء ، بأنه العلم الذى يهتم بتفاعل الطاقة مع المادة •

(*) الموسوعة البريطانية المختصرة .

المصادر المشعة

لما كانت المادة تتشكل على ثلاث حالات وهي
الغازية والسائلة والصلبة فان المواد المشعة تكون أيضا
في صورة غازية وسائلة وصلبة .

وتقسم المصادر المشعة الى ثلاثة أنواع :

المصادر المغلقة وهي المصادر التي توجد داخل وعاء
محكم ولا تتسرب منه المادة المشعة . المصادر المفتوحة
وهي المصادر التي تحتوى على مواد مشعة في صورة
غازية أو سائلة أو صلبة ومن الممكن أن تتسرب المادة
المشعة من الوعاء الحاوى لها ، وأخيرا الأجهزة التي
يصدر نتيجة تشغيلها اشعاع مؤين ومنها جهاز الأشعة
السينية والمعالجات النووية وأجهزة التليفزيون ويتحكم في
هذه الأجهزة عن طريق مصدر القدرة الكهربائية .

التفاعلات النووية

تتم التفاعلات النووية بين جسيم يتحرك (أو فوتون) وهدف ثابت (أو متحرك) وينتج عن التفاعلات النووية انبعاث جسيم (أو فوتونات) والنواة المرتدة •

وتتم هذه التفاعلات بنواة الهدف وتتكون ما يعرف بالنواة المركبة وينتج عنها انبعاث الجسيم (أو فوتونات) والنواة المرتدة •

من أهم التفاعلات النووية التفاعل الانشطاري حيث تتفكك نواة عنصر ثقيل الى نواتين متوسطتين كما هو الحال في القنابل الذرية والمفاعلات النووية •

ومن التفاعلات الهامة التفاعل الاندماجي حيث تندمج نواتان من العناصر الخفيفة لتكون نواة أثقل مع إطلاق طاقة كبيرة كما هو الحال في القنابل الهيدروجينية •

ومن التفاعلات الهامة أيضا تفاعلات الاسر النيوتروني وتفاعلات التنشيط النيوتروني حيث يكون الجسم المتحرك نيوترون وتأسر نواة الهدف هذا النيوترون مكونة نواة مرتدة في حالة اثارة •

وتستخدم المعجلات النووية في زيادة سرعة الجسيم المتحرك وعليه تزيد طاقة هذا الجسيم وينتج عن تصادمه مع هدف ثابت تفاعلات نووية عديدة .

وغالبا ما تكون النواة المرتدة نظيرا مشعا أى مادة مشعة يصدر عنها اشعاعات مع التحولات النووية .

الخطر الإشعاعي

لا شك في أن تقدير خطر الوفاة لكل سنة للأفراد من الأسباب المختلفة وفي المجموعات المهنية المختلفة لأمر صعب . ففي الولايات المتحدة الأمريكية وبناء على الملخص الإحصائي الأمريكي ١٩٧٠ فإن خطر الوفاة بأمراض القلب بلغ ٣٦٤ حالة لكل مائة ألف (الاحتمال ٠.٠٠٣٦٤)

وخطر الوفاة بالسرطان بلغ ١٥٧ حالة لكل مائة ألف (الاحتمال ٠.٠٠١٥٧) .

يوضح الجدول التالي عدد الحوادث التي أدت الى الوفاة لمجموعات من ١٠٠٠ رجل خلال زمن عملهم (مائة مليون ساعة عمل) في المملكة المتحدة (من كتاب الوقاية بالمستشفيات - ١٩٨٥ بالانجليزية) .

عدد حالات الوفاة لكل ١٠٠٠	الصناعة
٦٧	البناء
٤٥	عامل الإشارة بالسكة الحديد
٣٦	الصيد
١٤	عمال مناجم الفحم
١٠	الزراعة
٨	صناعة المعادن والسفن
٥	الصناعات الكيميائية
١٣	المركبات
١٥	الملابس والأحذية

وطبقاً لتوصيات الرابطة الدولية للوقاية من
الأشعاع والوكالة الدولية للطاقة الذرية فإن احتمال
الوفاة نتيجة تعرضات الأشعاع يبلغ واحد كل عشرة
آلاف لكل ريم (*)

ولتوضيح هذا الاحتمال نفيد بالآتي :

١ - عند تعرض عشرة آلاف شخص كل منهم لجرعة
مكافئة مقدارها واحد ريم (١٠٠٠ ملي ريم = ١٠ ميلي

(*) الريم وحدة الجرعة المكافئة للأشعاع (وحدة طاقة + وحدة كتلة)

(**) (١٠٠٠) = $\frac{1}{1000}$ الملي ريم وحدة جرعة مكافئة صغيرة

من الريم

سيفرت ** فان واحدا منهم فقط يموت .

٢ - عند تعرض مليون شخص كل منهم لجرعة مكافئة مقدارها ١٠ ملي ريم (١٠٠ ميكرو سيفرت) فان واحدا منهم فقط يموت .

- كما أن هذا الاحتمال يعنى أيضا :

١ - عند تعرض فرد واحد الى جرعة اشعاعية كبيرة تبلغ ١٠٠ ريم (١ سيفرت) فان احتمال الوفاة يزيد الى ١٠٠/١ (واحد فى المائة) .

٢ - وعند تعرض الف فرد كل منهم لجرعة مكافئة مقدارها ١٠٠ ريم (١ سيفرت) فان احتمال الوفاة لكل منهم ($100/1$) وتبلغ عدد حالات الوفاة $\frac{1}{100} \times 1000 = 10$ حالات .

وكما هو معروف أن المصريين يتعرضون لجرعات اشعاعية من الاشعاع الطبيعى تصل الى ١٠٠ ملي ريم (١ ملي سيفرت) فى السنة .

وأن عدد السكان فى مصر قد بلغ ٥٠ مليون تقريبا

(**) سيفرت وحدة جرعة كبيرة - السيفرت = ١٠٠ ريم .

$$\begin{aligned}
 & \text{وعليه تكون جرعة السكان} \\
 & = 50 \text{ مليون} \times \text{واحد ملي سيفرت} \\
 & = 50 \times 1000000 \times 1/1000 \\
 & = 50000 \text{ رجل - سيفرت}
 \end{aligned}$$

ويكون عدد حالات الوفاة بالسرطان نتيجة الاشعاع الطبيعي في مصر = 500 حالة سنويا .

واذا كان معدل الوفاة في مصر حوالى ١٪ - وهذا
يعنى نصف مليون حالة وفاة سنويا وعليه تصل الوفاة
نتيجة الاشعاع الطبيعي الى ١/١٠٠٠ من حالات
الوفاة .

٢ - الكورى وحدة النشاط الإشعاعى

الكورى وحدة النشاط الإشعاعى .

يعرف الكورى بأنه عدد التحولات النووية فى الثانية الواحدة يساوى ٣٧ ألف مليون تحول فى الثانية .

ومع كل تحول نووى تنطلق جسيمات مشحونة (بيتا أو الفا مثلا) .

وكما هو معروف أن اسم الوحدة (الكورى) يرجع الى مدام كورى التى توصلت الى استخلاص واحد جرام من عنصر الراديوم من خام البتشمبلند فى بداية القرن .

والتحولات النووية من واحد جرام من الراديوم فى الثانية الواحدة تولد ٣٧ ألف مليون تحول فى الثانية تقريبا .

والراديوم عنصر صلب نواته غير مستقرة في الطبيعة ويتولد نتيجة تحول نووى ويتحول هو بدوره الى عنصر الرادون والرادون غاز مشع (أى غير مستقر) ومع هذه التحولات النووية تنطلق جسيمات الفا والتي عند مرورها فى أى وسط تؤدى الى تأين هذا الوسط .

ثابت التحول النووي

وطبقا لقوانين الفيزياء النووية والاشعاعية فان النشاط الاشعاعي يساوى ثابت التحول للعنصر المشع مضروباً في عدد النويات (عدد الذرات) المشعة .

وثابت التحول مرتبط مع نصف عمر العنصر المشع (وهو الزمن اللازم لتقليل النشاط الاشعاعي الى النصف) وكما هو مبين من اسمه أنه ثابت للعنصر ويتغير بتغير العنصر .

نصف العمر

وهو الزمن اللازم لتقليل النشاط الاشعاعى الى النصف وهو مقدار ثابت للنظير المشع ويتغير بتغير النظير ويتغير أيضا بتغير العنصر .

والعناصر المستقرة ليس لها نصف عمر . اما العناصر غير المستقرة لها انصاف أعمار .

والجدول التالى يوضح انصاف أعمار بعض النظائر المشعة .

الرادون - ٢٢٠ * غاز مشع نصف العمر ٣٨ يوم

اليود - ١٣١ غاز مشع نصف العمر ٨ يوم

(*) الرقم أمام النظير المشع هو العدد الكتلى أى عدد البروتونات والنيوترونات بنواة العنصر والكورى وحدة كبيرة ومن مشتقات الكورى الى كورى = $\frac{1}{3700}$ من الكورى والميكروكورى = $\frac{1}{1000000}$ من الكورى .

كوبالت - ٦٠ صلب مشع نصف العمر ٥٢٦ ر سنة
الراديوم - ٢٢٦ صلب مشع نصف العمر ١٦٢٠ سنة
اليورانيوم - ٢٣٨ صلب مشع نصف العمر ٥ر٤ ألف
مليون سنة

البكرل

الوحدة المستحدثة للنشاط الاشعاعى هي البكرل
نسبة الى العالم الفرنسى هنرى بكرل الحاصل على جائزة
نوبل لاكتشافه ظاهرة النشاط الاشعاعى عام ١٨٩٦ .
والوحدة الجديدة تطلق على وحدة التحول النووى
لكل ثانية وعليه فان الكورى وحدة كبيرة للنشاط
الاشعاعى وتساوى ٣٧ ألف مليون بكرل .

تركيز النشاط الاشعاعى فى الهواء

عندما تنطلق مواد مشعة من مصدر ما فى الهواء فان تركيز النشاط الاشعاعى بالهواء له وحدته الكورى فى المتر المكعب (او البكرل فى المتر المكعب) .

ويزداد التركيز الاشعاعى فى الهواء بزيادة النشاط الاشعاعى فى حيز الهواء أو بتقليل حجم الهواء .

ومن العناصر غير المستقرة فى الهواء غاز الرادون -
٢٢٢ المشع والذي تنطلق منه جسيمات ألفا وكذلك غاز
الارجون - ٤٠ المشع .

تركيز المواد المشعة في التربة

تصل المواد المشعة إلى التربة إما عن طريق وجود مواد مشعة بالتربة نفسها ومنها اليورانيوم والثوريوم ونواتج تحويلة . كما تصل المواد المشعة إلى التربة نتيجة التساقط الإشعاعي من التجارب على التفجيرات النووية أو من التساقط الإشعاعي من الغيوم الإشعاعي المنطلق من المحطات النووية كما في حالة حادثة تشيرنوبل السوفيتية .

والوحدة المستخدمة لقياس تركيز المواد المشعة في التربة هي الكوري لكل جرام (أو البكرل لكل كيلو جرام)

ويزداد تركيز المواد المشعة في التربة بزيادة المواد الساقطة المشعة أو بتقليل الكتلة التي يتم بها التساقط .

ولإزالة تلوث التربة تقلب التربة أي تضيق الطبقة العلوية هي الطبقة السفلى وتترك لسنوات عديدة .

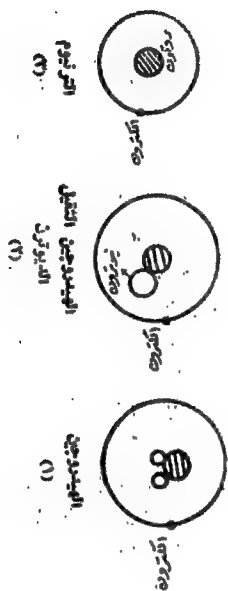
تركيز المواد المشعة في الماء

كما هو معروف أن الماء يتكون من أكسوجين وهو غاز وهيدروجين وهو غاز أيضا - إلا أنه يتحول إلى سائل عند اتحاد الغازين . ويحتوى الماء أيضا على عناصر أخرى ولكن بكميات صغيرة وإذا زادت هذه العناصر الذائبة في الماء عن حد معين يصبح الماء غير قابل للاستعمال (الشرب) .

والهيدروجين أخف العناصر له ثلاثة نظائر - النظير الأول الهيدروجين واحد - وبنواته بروتون واحد . والنظير الثاني الهيدروجين اثنين - وبنواته بروتون واحد ونيوترون . والنظير الثالث - الهيدروجين ثلاثة - وبنواته بروتون واحد . و ٢ نيوترون . والهيدروجين واحد هو الغالب ويصل نسبة وجوده إلى ٩٩٪ والهيدروجين اثنين تصل نسبة وجوده في الطبيعة إلى أقل من ١٪ والهيدروجين ثلاثة نادر الوجود في الطبيعة .

ونظائر الهيدروجين لها نفس صفات غاز الهيدروجين الكيميائية من ناحية التفاعلات النووية .

ويطلق على الهيدروجين - ٢ بالهيدروجين الثقيل



شكل (٣) ثلاث المراحل الأولى

ويطلق على الماء الناتج من اتحاد الهيدروجين - ٢ (الديترون) مع الأكسجين بالماء الثقيل ويستخدم في المفاعلات النووية خاصة الكندية .

ويطلق على الهيدروجين - ٣ بالترتيوم ويتميز عن الهيدروجين - ٢ والهيدروجين - ٣ بأن نواته غير مستقرة . أى أنه مشع والماء المتكون من اتحاد الهيدروجين - ٣ مع الأكسجين ماء مشع .

وللعلم فإن هيدروجين - ٣ له نصف عمر ١٢ سنة وتنتقل من نواته جسيم بيتا ويتحول إحدى النيترونات (بالنواة) الى بروتون وعليه تتغير الصفة النووية للعنصر ويصبح عنصر جديد وهو العنصر الذى يل الهيدروجين فى الجدول الدورى للعناصر ويصبح هليوم - ٣ والهليوم غاز .

ويتولد الماء المشع (غير المستقر) فى المفاعلات النووية ويصل الى التربة والماء عن طريق الانطلاقات الاشعاعية من المفاعلات النووية .

والوحدة المستخدمة لقياس تركيز المادة المشعة فى الماء هى البكريل لكل لى لتر أو كورى لكل جرام .

تفاعل الإشعاع مع المواد

حتى ندرك كيفية تفاعل الإشعاع مع المواد علينا
أن نصنف الإشعاع طبقاً لنوعه الى :

١ - اشعاع مؤين أى له طاقة كافية لتأين الوسط
المار به .

٢ - اشعاع غير مؤين أى ليس له طاقة كافية لتأين
الوسط المار به .

وسبق أن تكلمنا عن ذلك وسنقتصر حالياً الكلام
عن الإشعاع المؤين وهذا بدوره يمكن تصنيفه الى اشعاع
موجي واشعاع جسيمى .

الاشعاع الموجي

والاشعاع الموجي له صفات الموجات الضوئية .
وتحسب طاقة الفوتون (الشعاع الواحد) من معرفة
التردد (عدد الدورات في الثانية الواحدة) . بالعلاقة
التالية :

$$\text{الطاقة} = \text{ثابت بلانك} \times \text{التردد}$$

و ثابت بلانك كمية صغيرة = 6.6×10^{-34} جول - ثانية .

الجول هو وحدة الطاقة في الحياة العادية .
ويطلق على المقدار (جول لكل ثانية) بالوات وهو وحدة
القدرة . وعلى سبيل المثال فان الطاقة المتولدة من
مصباح كهربائي ٤٠ وات مثلا = ٤٠ جول لكل ثانية .

ومع أن تردد الاشعاع الموجي يصل الى مليون
مليون مليون هرتز ١٠ ٢٤ . الا أن الطاقة
المصاحبة لفوتون واحد صغيرة جدا .

والهرتز وحدة التردد = واحد دورة كاملة في
الثانية الواحدة .

لهذا توصل علماء فيزياء الاشعاع الى استحداث
وحدة طاقة صغيرة هي المليون الكترون فولت وهي
تقريبا واحد على مليون المليون من الجول . المليون الكترون
فولت $= 1.6 \times 10^{-12}$ من الجول .

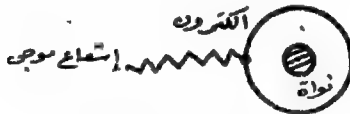
« والطاقة المصاحبة للفوتون الواحد صغيرة للغاية
الا أن التأثير الناتج عن تفاعل الاشعاع الموجي المؤين مع
المواد يتم بسبب العدد الكلى لهذه الفوتونات » .

الاشعاع الموجي المؤين

كما سبق ذكره يطلق على الأشعة السينية وأشعة جاما بالأشعاع الموجي المؤين .
تتفاعل هذه الأشعة مع المواد بثلاث طرق وهي :

١ - تفاعل الفوتو كهربي :

حيث ينتج من تفاعل الفوتونات مع الالكترونات ذرات الوسط وتتحرك هذه الالكترونات . وتنطلق كجسيمات بطاقة مساوية لطاقة الفوتون تقريبا . وهي جسيمات سالبة الشحنة . كما تتولد أيونات موجبة بالوسط (هواء - ماء - جسم انسان أو تربة مثلا) .
هذا ولقد نال العالم البرت اينشتاين جائزة نوبل عن اكتشافه لهذه الظاهرة .



شكل (٤) تفاعل الفوتو كهربي

٣ - تفاعل كومبتون :

تتفاعل أيضا الفوتونات مع الإلكترونات الوسط
الا أن طاقة الفوتون تنقسم بين الإلكترون فيحصل
على جزء من الطاقة مع تحرره من ذره الوسط ، ويحصل
الفوتون على باقى الطاقة . ويتم الفوتون الأخير تفاعل
آخر حتى يصبح فوتون بطاقة كافية لاثارة ذرات الوسط .



شكل (٥) تفاعل كومبتون

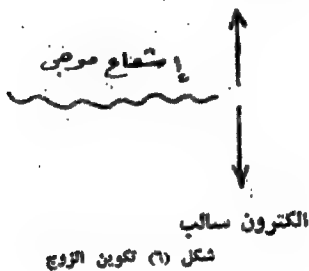
أى يتولد الإلكترون سالب الشحنة له طاقة
وفوتون له طاقة وكذلك أيونات موجبة الشحنة بالوسط
(هواء - ماء - جسم الإنسان أو تربة مثلا) .

٣ - تكوين الزوج :

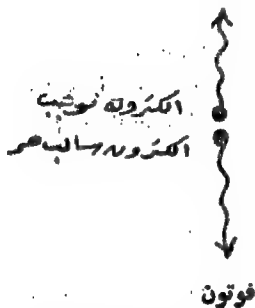
إذا تمتعت الفوتونات بطاقة أكبر من واحد مليون
الإلكترون فولت . فيحقق لها أن تختفى تماما ويتكون
زوج من (الإلكترون موجب - بوزترون) والإلكترون سالب

ونتيجة لهذا التكوين • تختفى الفوتونات وتظهر
الكترونات موجبة والكترونات سالبة •

الكترون موجب



فوتون



• وإذا زادت طاقة الفوتون عن ٢ مليون إلكترون فولت أمثلا تستخدم واحد مليون إلكترون فولت في توليد الزوج ويتوزع المليون الإلكترون فولت الآخر على كل منهما • أى يتولد إلكترون موجب بطاقة ١/٢ مليون إلكترون فولت ويتولد إلكترون سالب بطاقة ١/٢ مليون إلكترون فولت •

والإلكترون الموجب وكذلك السالب يعملان على تحرير الكترونات من ذرات الوسط نتيجة تصادمهما مع هذه الذرات وعليه يؤدي الى تحرير الكترونات وتوليد أيونات موجبة •

الا أن الإلكترون الموجب في النهاية يتحد مع الكترون سالب وتتم عملية عكسية لتكوين الزوج وهي عملية اختفاء الزوج ويتولد فوتونات نتيجة لذلك ينطلق الفوتون الأول في اتجاه وينطلق الفوتون الثانى في اتجاه مضاد • وكل فوتون يحمل طاقة ١/٢ مليون إلكترون فولت (طاقة السكون) • وهو بدوره قادر على القيام بالتفاعل الفوتوكهربى أو تفاعل كومبتون •

ويجب الإشارة هنا الى أننا عرضنا لمبادئ التكافؤ بين الكتلة والطاقة لأينشتاين • حيث العلاقة المعروفة

$$\text{الطاقة} = \text{الكتلة} \times \text{مربع سرعة الضوء} \cdot$$

والطاقة هي طاقة السكون للالكترون أو طاقة
الفوتون . والكتلة هي كتلة السكون للالكترون (الموجب
أو السالب) ؟

ومنه العلاقة تستخدم كثيرا في التفاعلات النووية

٣ - تفاعل الاشعاع الجسيمى مع المواد

يمكن تصنيف الاشعاع الجسيمى الى جسيمات مشحونة كهربيا وجسيمات متعادلة والجسيمات المشحونة كهربيا أيضا يمكن تقسيمها الى الكثرونات (خفيفة) وجسيمات ثقيلة مثل البروتونات (نواة ذرة الهيدروجين) وجسيمات ألفا (نواة ذرة الهليوم) ونواتج الانشطار . أما الجسيمات متعادلة الشحنة فهي النيوترونات الحرة .

اشعة الفا

اشعة الفا هي جسيمات موجبة الشحنة وهي عبارة عن نواة ذرة الهليوم وتحتوى على بروتونات ونيوترونات .
واشعة الفا الموجبة الشحنة تجذب الكترولونات ذرات الوسط المتعادلة الشحنة نتيجة قوة التجاذب بين الشحنة الموجبة والشحنة السالبة كهربيا . وعليه فان بعض ذرات الوسط تفقد الكترولونات وتتكون ايونات موجبة الشحنة . . . وفي العادة لا تفقد اشعة الفا خلال تصادم واحد ولكن تفقد جزء صغيرا من الطاقة . وهذا الجزء الصغير من الطاقة يكتسبه الالكترولون المحرر . وعليه تقوم اشعة الفا بعمل تصادمات اخرى مع ذرات الوسط وتؤدي بدورها الى تحرير الكترولونات وتكوين ايونات موجبة . ونظرا لكتلة جسيم الفا الكبيرة (٦٤٠٠ كتلة الالكترولون) فان نفاذيتها في المواد صغيرة .

أشعة بيتا

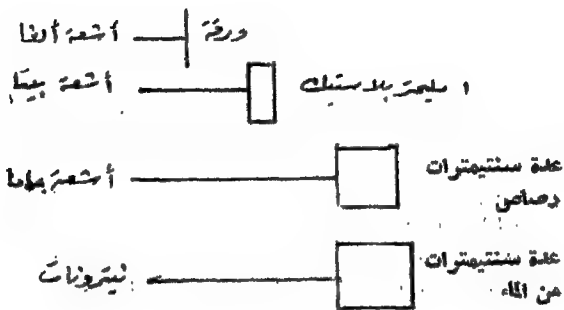
أشعة بيتا هي جسيمات مشحونة وهي عبارة عن
الكثرونات (موجبة أو سالبة) وهذه الالكثرونات سالبة
أو موجبة الشحنة تؤثر على الكثرونات ذرات الوسط
نهرياً (قوة تنافر بين الشحنات السالبة وتجاذب بين
الشحنات الموجبة والكثرونات ذرات الوسط السالبة) .
وعليه تتحرر بعض الكثرونات الذرات وتتولد أيونات
موجبة الشحنة . وتفقد أشعة بيتا جزء من طاقتها خلال
تصادمها مع الكثرونات الذرة وتكتسب الالكثرونات
المحررة طاقة . وتتم تصادمات كثيرة حتى تفقد أشعة بيتا
كل طاقتها . ونظراً لصغر كتلة الالكثرونات فإن نفاذيتها
في المواد كبيرة بالنسبة لأشعة ألفا .

البروتونات

البروتون جسيم موجب الشحنة وينتج من التفاعلات النووية أو نتيجة تأين ذرة غاز الهيدروجين . وهو جسيم ثقيل (١٨٠٠ كتلة الالكترون) . وعند مروره في أى وسط يؤدي الى تأين ذرات الوسط الا أن نفاذيته في المواد صغيرة ولكنها أكبر من نفاذية أشعة ألفا .

الفا	_____
جسيمات مشحونة	_____
بروتونات	_____
أشعة بيتا	_____
أشعة ألفا	_____
أشعة جاما	_____
نيوترونات	_____

شكل (٨) مدى الاختراقات الميكة



شكل (٩) نفاذية الإشعاعات الذرية

الجسيمات المنشطرة

الجسيمات المنشطرة جسيمات مشحونة تتولد نتيجة انشطار النويات الثقيلة مثل اليورانيوم والثوريوم . وهذه الجسيمات المنشطرة ذات طاقة عالية جدا وكتلتها كبيرة جدا (أثقل من البروتون مائة مرة تقريبا) . ومدى الجسيمات المنشطرة مثل مدى أشعة ألفا . وتتميز هذه الجسيمات المنشطرة بأنها مشعة وتنطلق خلال التحولات النووية جسيمات بيتا ويصاحبها أشعة جاما . ومن أهم النظائر الاسترونشوم - ٩٠ واليود - ١٣١ والسيزيوم - ١٣٧ والسيريوم - ١٤٣ .

تفاعل النيوترونات مع المواد

النيوترونات جسيمات متعادلة الشحنة ذات كتلة تقارب البروتون أى أثقل من الإلكترون ١٨٠٠ مرة .
وتحرر النيوترونات نتيجة التفاعلات النووية . ومن المصادر النيوترونية والمفاعلات النووية والمجلات النووية وبعض النظائر المشعة الصناعية (أى التى صنعها الانسان) .

وغالباً ما تكون النيوترونات الحرة ذات طاقة عالية وتقل طاقة النيوترونات نتيجة اصطدامها بذرات الوسط فنحصل على نيوترونات متوسطة الطاقة ونيوترونات بطيئة (حرارية) .

ونظراً لأن تفاعل النيوترونات مع المواد يعتمد على طاقة النيوترونات وكذلك على نوعية الوسط الذى تمر فيه استحدثت فرع من أفرع علم الفيزياء أطلق عليه فيزياء النيوترونات يبحث فى هذا المجال .

وعموماً فإن النيوترونات السريعة تمر من خلال العناصر الثقيلة وتفقد جزءاً كبيراً من طاقتها عند مرورها فى وسط هيدروجين كالماء والبرافين والنيوترونات البطيئة تتفاعل نووياً مع بعض المواد مثل الليثيوم والبورون

مما يؤدي الى اختفاء النيوترونات تماما . كما تتفاعل النيوترونات مع الكاديوم مما يؤدي الى اختفاء النيوترونات أيضا . وتتفاعل النيوترونات البطيئة بدرجة أقل مع الذهب والفضة وكذلك الانديوم . ويطلق على عملية اختفاء النيوترونات بالآسر النيوتروني .

وغالبا ما يؤدي تفاعل النيوترونات مع المواد الى تحويل ذرات الوسط المستقرة الى نظائر مشعة تنطلق منها جسيمات بيتا ويصاحبها أشعة جاما .

تفاعل الإشعاع مع الخلايا

قسم علماء فيزياء الإشعاع وعلماء علم الأحياء الإشعاعي تفاعل الإشعاع مع الخلايا الى ثلاث فترات .
ونظرا لأن ٩٠٪ من جسم الانسان ماء ، لذا فان تفاعل الإشعاع مع الخلايا هو تفاعل مع الماء .

الفترة الأولى وهي الفترة الفيزيائية :

حيث تتم العمليات الفيزيائية والتي يتم خلالها مرور الإشعاع في الوسط (الخلايا) ويحدث عمليات التأين لذرات الوسط في فترة زمنية صغيرة للغاية واحد من مليون المليون من الثانية .

الفترة الثانية وهي الفترة الكيميائية :

حيث تتم العمليات الكيميائية والتي يتم خلالها عمليات تكوين الشق الحر والذي بدوره يعمل على تكسير الروابط بين الجزيئات . ويتم ذلك خلال فترة زمنية صغيرة واحد من المليون من الثانية .

الفترة الثالثة وهي الفترة البيولوجية :

حيث تتم العمليات البيولوجية والتي يتم خلالها

وفاة الخلايا وهذه تأخذ فترة زمنية من عدة ثواني الى عشرات السنوات . وكما نعلم أن خلايا الانسان كثيرة ولكل خلية زمن عمر وبعض الخلايا يمكن اصلاحها وبعض الخلايا التي تموت ولا يمكن تعويضها .

ومن خلال المعلومات سالفة الذكر نصل الى الآتى :

١ - الاشعاع كم - كلما زادت كمية الاشعاع التي تتعرض له زاد الضرر .

٢ - الاشعاع كيف - يزداد الضرر من الاشعاع كلما كان التعرض الخارجى لأشعة اكس وأشعة جاما ذات الطاقة العالية . بينما يزداد الضرر من الاشعاع كلما كان التعرض الداخلى لأشعة ألفا وأشعة بيتا .

٣ - لا يظهر التأثير الإشعاعى المباشر الا عند التعرض لجرعة عالية جدا وقد يظهر التأثير الإشعاعى متأخرا عند التعرض لجرعة منخفضة جدا .

٤ - التأثير الإشعاعى احصائى بمعنى أن هذا التأثير يظهر على نسبة من الأفراد المتعرضين لنفس الكمية ونفس النوع . وتزيد هذه النسبة بزيادة كمية التعرض وتقل هذه النسبة بتقليل كمية الإشعاع المتعرض له .

الكواشف الإشعاعية

عرف الإنسان الإشعاع من خلال تأثيره أى تفاعله على المواد . فلقد توصل العالم كوتراد رونتيجون الى اكتشاف الأشعة السينية عام ١٨٩٥ . وكان أول من حصل على تصوير لأحد أعضاء الجسم (كف زوجته) فى نفس العام على لوح فوتوغرافى .

كما توصل العالم هنرى بكريل الى ظاهرة النشاط الإشعاعى من خلال دراسته على البلورات باستخدام التصوير الفوتوغرافى فى نفس العام أى ١٨٩٥ .

وتستخدم الأفلام الحساسة (أفلام التصوير) حاليا فى قياس الجرعة الإشعاعية حيث يتم التفاعل بين الإشعاع وبلورات أيوديد الفضة . ويظهر الأثر بعد تحميض الأفلام . ولقد تم صنع حامل أفلام (*) بحيث يمكن تقدير نوع وكمية الإشعاع .

كما استخدم الإنسان ظاهرة التأين التى تتم فى الهواء وفى بعض الغازات لقياس كمية الإشعاع وتم تطوير ما يعرف بقلم الجيب والذي يتكون أساسا من غرفة تأين

(*) للمؤلف بحث فى هذا المجال .

وأوراق من الذهب رقيقة وعدسة ومؤشر وذلك لقياس
تعرض الأفراد للاشعاع المؤين .

وتتوفر حالياً أنواع عديدة من كواشف الاشعاع منها
ما يعطى معدل التعرض ومنها ما يعطى التعرض الكلى
للاشعاع . ومنها ما يكشف نوعاً معيناً من الاشعاع
ومنها ما يكشف أكثر من نوع .

ومن الكواشف الحديثة ما يعرف بالوميض الحرارى*
وهو عبارة عن بلورة أو بودرة أو كبسولة تحتوى على مادة
أو مواد فعالة تتأثر بالاشعاع وتحفظ بهذا التأثير لفترة
زمنية . ومن ثم يتم قياس التأثير بعد تعريض البلورة أو
البودرة (مسحوق) أو الكبسولة للحرارة فتطلق ضوءاً
يعد بواسطة جهاز خاص (ضارب فوتونى) ويسجل في
جهاز خاص (عداد الوميض الحرارى) وقد يزود هذا
الجهاز بكمبيوتر لتسجيل الجرعة الاشعاعية للأفراد .

ومن أجهزة قياس الاشعاع فى أماكن العمل أجهزة
الرصد الاشعاعى (**) (أجهزة المسح الاشعاعى) وقد

(*) استعملت أجهزة الرصد الاشعاعى فى تسجيل الزيادة فى
التركيز الاشعاعى بالسويد فى ١٩٨٦/٤/٢٨ وعليه أعلن الاتحاد
السوفيتى عن حادثة مفاعل تشيرنوبل .

تكون هذه الأجهزة نقالة أو ثابتة حسب طبيعة العمل ،
وقد تتأثر هذه الأجهزة بنوع واحد من الاشعاع أو بأكثر
من نوع .

ومن أهم هذه الأجهزة - جهاز غرفة التآين وعداد
جيغر والعداد التناسبي وتعتمد هذه الأجهزة على نظرية
تآين الوسط بالاشعاع . وكذلك العداد الوميضي والذي
يعتمد على وجود بلورة أيوريد الصوديوم التي تتأثر
بالاشعاع (أشعة اكس وأشعة جاما) وينتج من مرور
الاشعاع بالبلورة تآين لذرات البلورة والذي يؤدي الى
إثارة ذراتها وينبعث ضوء يعده الضارب الفوتوتوى وبأجهزة
الكترونية يمكن تحليل النبضات الالكترونية ونحصل على
طيف لأشعة اكس وأشعة جاما . كما دخلت الالكترونيات
فى هذه المجال (ومعظم مجالات المعرفة) وحصل الانسان
على كواشف الصلبة .

وفى مجال الكشف على النيترونات استغل الانسان
نوعية التفاعل بين النيترونات والمواد وتوصل الى كواشف
للنيترونات عديدة . ومنها الأفلام الحساسة المزودة بمواد
فعالة وكذلك ما يعرف بكواشف الأثر النووى .

وفى مجال النيترونات السريعة استغل الانسان
تفاعل النيترونات مع المواد الهيدروجينية وتوصل الى
كاشف وميضى . وفى مجال النيترونات البطيئة استغل

الانسان المواد التي لها خاصية الاسر النيتروني في الحصول
على كواشف خاصة مثل رقائق الذهب . كما استغل
الانسان التفاعلات النووية الانشطارية في الحصول على
كواشف عديدة ومنها غرف الانشطار واليورانيوم ككاشف
تنشيطي والميكاف ككاشف اثر انشطاري (*) .

(**) للمؤلف بحث في هذا المجال .

٥ - الوقاية من الاشعاع

ما أن عرف الإنسان الاشعاع المؤين وعرف تأثير هذا الاشعاع على الإنسان وعرف كذلك تأثير هذا الاشعاع على المواد توصل الى طرق الوقاية من الاشعاع . ويؤكد خبراء الوقاية من الاشعاع أن ما صرف على الأبحاث والدراسات في هذا المجال لم يصرف على أى مجال آخر .

أشعة ألفا

تكنم الخطوة من أشعة ألفا في وصولها الى داخل جسم الانسان ولا يتم ذلك الا بعد وصول النظير المشع الذى يطلق هذه الجسيمات الى داخل الجسم عن طريق الجهاز الهضمى أو الجهاز التنفسى أو من خلال الجروح أو الشقوق كما فى حالة الحوادث الاشعاعية كحريق مفاعل تشيرنوبل مثلا .

أما عند التعرض الخارجى لأشعة ألفا فان لها مدى لا يزيد عن عدة سنتيمترات فى الهواء وأقل من المليمتر فى المواد الصلبة ولهذا يكتفى بورقة أو شريحة من البلاستيك لامتناس كل طاقة جسيمات ألفا .

وكما هو معروف أن جسيم ألفا وهو نواة ذرة الهليوم وعند اكتساب هذا الجسيم لالكترونات من الألكترونات الحرة يتحول جسيم ألفا الى ذرة هليوم (وهو غاز) متعادل الشحنة .

وبالنسبة الى التعرض الداخلى تتم الوقاية عن طريق سد المنافذ الى داخل جسم الانسان وذلك بوضع مرشح

(فلتر) بين الجهاز التنفسي والهواء المحمل بالمواد المشعة .
وتتم الوقاية كذلك باستخدام ملابس واقية تمنع وصول
المواد المشعة الى جسم الانسان عن طريق الجلد مع عدم
تناول طعام ملوث اشعاعيا .

اشعة بيتا

كما سبق ذكره اشعة بيتا هي الكترونات ذات مدى أكبر بكثير من أشعة ألفا ويزيد المدى (المسافة التي يفقد فيها الجسيم كل طاقته) بزيادة طاقة الجسيم . الا أنه من خلال دراسة صفات هذا الجسيم وجد أن عدة سئتمترات من البلاستيك أو الالومنيوم كافية لامتصاص كل طاقة هذا الجسيم . وعليه فإن خطورة هذا الاشعاع فى التعرض الداخلى وليس فى التعرض الخارجى له . لذا نتبع نفس طرق الوقاية من التعرضات الداخلية باستخدام أقنعة واقية وملابس واقية مع عدم تناول طعام ملوث .

أشعة اكس

كما هو معروف أن أشعة اكس تصدر عن ماكينات أشعة اكس وعليه فلا يوجد تعرض داخلي ولكن يوجد تعرض خارجي . ويتم التحكم والوقاية من هذه الأشعة من غرفة التحكم للجهاز وباستخدام الحواجز الواقية .

وعموما فإن قوة النفاذية لأشعة اكس أكبر بكثير من القدرة النفاذية لأشعة ألفا وأشعة بيتا . وتحتاج الى عدة سنتيمترات من الرصاص للوقاية من هذه الأشعة . وكما هو معروف أن القوة النفاذية لهذه الأشعة هي السبب الأساسي في استخدام هذه الأشعة في فحص اللحام والتصوير الإشعاعي والتشخيص والعلاج الطبي .

ومن المصطلحات المستخدمة في هذا المجال (طبقة سمك النصف) وهي السمك اللازم من مادة ما (رصاص أو غرسانة .. الخ) لتقليل كمية الأشعة السينية الى النصف . وفي العادة نحتاج الى سبعة أمثال هذا السمك ل إيقاف هذه الأشعة .

كما توجد علاقة بين طبقة سمك النصف وطاقة الأشعة السينية . ودون الدخول في علاقات رياضية



شكل (١٠) التوزيع الإشعاعي في المواد: بدلالة طبقة سمك النصف

نقول أنه كلما زادت طاقة الأشعة السينية زاد سمك طبقة سمك النصف .

ويوجد حاليا في جمهورية مصر العربية معجلات خطية تعمل على تسريع الالكترونات الى طاقات عالية (٢٠ مليون إلكترون فولت) واما تستخدم هكذا في علاج الأورام السرطانية أو تصطدم مع هدف لتوليد أشعة اكس بطاقة متوسطة تصل الى ٥٠٠ مليون إلكترون فولت، الا أن مثل هذه الأجهزة قد يؤدي تشغيلها الى انبعاث نيوترونات أيضا . لذا يجب الحرص عند تصميم غرف تشغيل ماكينات أشعة اكس التقليدية والمعجلات الخطية .

أشعة جاما

من أهم الاختلافات بين أشعة اكس وأشعة جاما ما يلي :

- أشعة اكس تنبعث من خارج النواة وهي فوتونات ذات طاقات مختلفة (طيف مستمر) وتنبع من ماكينات الأشعة والمجالات الحطية .

- أشعة جاما تنبعث من داخل النواة وهي فوتونات ذات طاقات محددة (طيف متقطع) وتنبع من نواة العناصر الثقيلة ومن التفاعلات النووية .

ومن أهم خصائص أشعة جاما ظاهرة النفاذ الاشعاعى أى أن كمية الاشعاع المنطلق من نواة الذرة كمية غير ثابتة وتقل مع الزمن . الا أن معدل التقليل يعتمد على ثابت التحول الاشعاعى أو نصف العمر .

وكذلك يتم إيقاف أشعة جاما (تعرض خارجى) بواسطة استخدام رصاص أو خرسانة (٧ أمثال طبقة سمك النصف) . وكلما زادت طاقة فوتونات الجاما زاد سمك طبقة سمك النصف .

وعند التعرض الداخلى يكون من الصعوبة إيقاف اشعة جاما (أى امتصاص طاقة الفوتونات) بالرصاص والحرسانة ، الا أن علماء ازالة التلوث الاشعاعى يعملون على ازالة التلوث الداخلى (بتناول مواد كيميائية) تعمل على سرعة خروج هذه المواد المشعة عن طريق المنافذ الطبيعية (البول والبراز) . ويتم نفس الشيء عند التعرض الداخلى لنظائر مشعة تطلق جسيمات ألفا وبيتا . الا أن نوع المادة الكيميائية يعتمد على العنصر المشع الذى تم تناوله (فى الحالات الطارئة أو عند الحوادث) وعلى العضو أو النسيج الذى يستقر عنده العنصر المشع .

وبالنسبة الى التعرض الخارجى يتم الوقاية عن طريق :

١ - تكون المسافة بين المصدر المشع وبين الفرد أكبر ما يمكن .

٢ - يكون زمن التواجد فى المنطقة الحاوية على المصدر اقل ما يمكن .

٣ - وجود درع واقى بين المصدر وبين الانسان .

وللوقاية من التعرض الداخلى :

١ - يجب لبس الملابس الواقية .

٢ - استخدام القناع الواقى .

٣ - عدم تناول طعام ملوث .

النيوترونات

كما في حالة الأشعة السينية فإن النيوترونات تؤدي إلى تعرض خارجي ولا تؤدي إلى تعرض داخلي (إلا إذا تم بلع مصدر نيتروني - وهذا شبه مستحيل) .

ومن المواد التي تستخدم كدروع واقية(*) من النيوترونات السريعة الماء والبرافين والبلاستيك والحرسانة وجميع المواد التي تحتوى على الهيدروجين . وفي العادة يحتاج إلى سمك يصل إلى نصف متر ل إيقاف هذه النيوترونات السريعة .

ومن المواد التي تستخدم كدروع واقية للنيوترونات الحرارية - الكادميوم وذلك لقدرته على امتصاص هذه النيوترونات بكفاءة عالية ويكفى شريط رقيق من الكادميوم لعمل ذلك . ومن المواد الأخرى التي تستخدم كدروع واقية البورن والليثيوم والذهب والفضة ومواد أخرى . هذا مع العلم بأنه قد استخدم الرمل المبلل والبورن لتوقيف التفاعلات في حريق مفاعل تشيرنوبل السوفيتي .

وكما هو الحال في حالة أشعة جاما فإن الوقاية تعتمد

على :

(*) للمؤلف بحث في هذا المجال .

- ١ - زيادة المسافة من المصدر . .
 - ٢ - تقليل زمن التواجد بالقرب من المصدر .
 - ٣ - وجود درع واق بين المصدر والانسان .
- وتكمن الخطورة من التعرض الخارجى للنيوترونات السريعة فى قدرة هذه النيوترونات للوصول الى اجزاء مختلفة من جسم الانسان ومن ثم تتفاعل نوويا مع بعض الوية وعلى سبيل المثال تتفاعل مع صغوديوم الدم وكذلك الكبريت بالشعر ومواد أخرى . .
- الا أن نفس الضرر قد يستفاد منه فى علاج الأورام السرطانية .

وحدة التعرض الاشعاعى - الرونتجون

استخدم العلماء وحدة الرونتجون نسبة الى العالم
الالماني كونراد رونتجون مكتشف الأشعة السينية كوحدة
للتعرض الاشعاعى .

الا أن هذه الوحدة لا تستخدم الا للأشعة السينية
وأشعة جاما . وحتى بالنسبة الى أشعة جاما فانها تستخدم
للفوتونات ذات طاقة أقل من ٣ مليون الكترون فولت .
كما أنها قاصرة على الهواء فقط .

وهذه الوحدة تعطى دلالة لكمية الاشعاع ولا تعطى
دلالة لنوع الاشعاع .

وتعرف هذه الوحدة بأنها كمية الاشعاع اللازم
لتوليد وحدة الشحنات فى واحد سنتيمتر مكعب من الهواء
عند الظروف العادية لدرجة الحرارة والضغط .

وكما هو معروف أن وحدة الشحنات هى الكولومب
ووحدة الحجم الحالية هى المتر المكعب . والوحدة الحالية
المستخدمة هى الكولومب لكل كيلوجرام من الهواء .

بحيث أن الرونتجون الواحد = $\frac{1}{4}$ الى كولومب
لكل كيلوجرام

والمل كولومب = $\frac{1}{1000}$ من الكولومب .

معدل التعرض الاشعاعى - رونتجون لكل ساعة

لتقدير معدل التعرض الاشعاعى من الأشعة السينية
أو أشعة جاما يستخدم وحدة الرونتجون لكل ساعة (أو
كولومب لكل كيلوجرام ساعة) .

ولقد تم تطوير العديد من الأجهزة التى تعمل بظاهرة
غرفة التاين لقياس معدل التعرض الاشعاعى .

وتحتوى هذه الغرفة فى العادة على هواء . ونتيجة مرور
الاشعاع يتم التاين أى تتولد الكثرونات سالبة الشحنة
وايونات موجبة . ولهذه الغرفة عمود عليه جهد كهربى
موجب بوسط الغرفة وعلى حائط الغرفة جهد كهربى سالب
الشحنة وعليه تنجذب الالكترونات الى الجهد الموجب
وتنجذب الايونات الى الحائط ذى الجهد السالب . وينتج
عن ذلك مرور تيار كهربى فى الدائرة الخارجية لغرفة
التاين . والدائرة الخارجية لهذا الجهاز متصلة بمقياس
(مؤشر) يعطى دلالة لكمية الاشعاع وفى الأجهزة الحديثة
يتصل الجهاز بعداد يعطى دلالة أيضا لكمية الاشعاع .

ثابت جاما

بالنسبة الى شعر جاما وجد العلماء ثابت يعرف
بثابت جاما يمكن استخدامه بسهولة لحساب التعرض
الاشعاعي لاي مادة مشعة . والعلاقة هي :

ثابت جاما = $\frac{1}{4}$ مجموع الطاقات لكل كورى على
بعد متر - ساعة

والوحدة رونتجون لكل ساعة .

وعلى سبيل المثال فان ثابت جاما

٧ - الكوبالت - ٦٠ نظير مشع تنطلق منه فوتونات
لكل تحول نووى

الاول بطاقة ١٣٣ مليون الكترون فولت

والآخر بطاقة ١١٧ مليون الكترون فولت

وعليه يكون ثابت جاما = $\frac{1}{4} (١٣٣ + ١١٧)$

= ٢٥ (رونتجون لكل ساعة) لكل (كورى)

وذلك على بعد متر من المصدر .

وعليه اذا كانت قوة المصدر المشع واحد كورى يكون معدل التعرض ١٢٥ رونتجون لكل ساعة على بعد متر. وإذا كانت قوة المصدر ١٢٥ كورى يكون معدل التعرض على بعد متر ١٥٦ رونتجون لكل ساعة على بعد متر بدون تدريع ولا بد من وجود دُرع بسمك كافى لتقليل الاشعاع بنسبة واحد لكل مائة ألف وتحتاج الى عشرين سنتيمتر من الرصاص لذلك (حادثة وحدة الكوبالت المشع - جامعة القاهرة) .

مثال آخر : يستخدم مصدر السيزيوم - ١٣٧ فى علاج الاورام السرطانية وذلك لانه ذو نصف عمر طويل ٣٠ سنة :

الا أن هذا المصدر يشع فوتونات بطاقة ٠.٦٦ مليون الكترون فولت وعليه فان

ثابت جاما للسيزيوم - ١٣٧ = ٠.٢٣ رونتجون لكل ساعة لكل كورى على بعد متر واحد من المصدر .

ويوضح الجدول التالى قيم ثابت جاما لبعض النظائر المشعة

النظير المشع العدد الكتلي	نصف العمر	ثابت جاما
صوديوم - ٢٤	١٥ ساعة	١٨٤٤ رنتجون لكل ساعة لكل كوري على بعد متر ٠.٨٥
الومنيوم - ٢٨	٢٣ دقيقة	١٢٩
كوبالت - ٦٠	٥٢٦ سنة	٠.٢٣
يود - ١٣١	٨٠٥ يوم	٠.٣١
سيزيوم - ١٣٧	٣٠ سنة	٠.٢٤
ذهب - ١٩٨	٦٤٨ ساعة	٠.٨٤
راديوم - ٢٢٦	١٦٢٠ سنة	

وتقدر عدد النظائر بأكثر من ٢٠٠٠ نظير منهم حوالي
٣٠٠ نظير مستقر أى غير مشع والباقي نظائر مشعة .

قانون التربيع العكسي

يطبق قانون التربيع العكسي في مجالات عدة ومنها مجال القياسات الضوئية حول المصادر الضوئية . كما يطبق على انتشار الموجات الكهرومغناطيسية (أشعة أكس وأشعة جاما) والنيترونات السريعة ويطبق كذلك على انتشار جسيمات بيتا ولا يطبق على أشعة ألفا نظرا لصغر مدى هذه الجسيمات في المواد المختلفة . وكذلك لا يطبق على الجسيمات المنشطرة وإنما يطبق على الاشعاعات الصادرة منها .

ويتلخص هذا القانون في أن كمية الاشعاع الصادرة من مصدر مشع تنتشر في جميع الاتجاهات . بحيث تكون النسبة بين كمية الاشعاع على بعد متر الى كمية الاشعاع على أى بعد كالنسبة بين المتر المربع الى مربع المسافة عند أى بعد .

فإذا كان المصدر في الوضع الأول على بعد متر تكون كمية الاشعاع على بعد مترين هي الربع وكمية الاشعاع على بعد ٣ متر هي التسع وكمية الاشعاع على بعد خمسة متر هي $\frac{100}{25}$ من الكمية على بعد متر وهلم جرا .

ولهذا يعتبر هذا القانون من القوانين الأساسية في
الوقاية من الاشعاع .

وعليه عند دخولنا الى مكان به اشعاع علينا أن نكون
بعيدين أكبر ما يمكن من المصدر ونلاحظ قراءة جهاز قياس
الاشعاع ، ونقترب من المصدر بحذر شديد مع متابعة قراءة
جهاز الاشعاع . وذلك حتى لا نتعرض الى جرعة لا ضرورة
لها ويكون التعرض لاقل ما يمكن .

التعرض الكلي

العلاقة بين التعرض الكلي ومعدل التعرض علاقة تناسبية الا اذا كان نصف عمر المصدر المشع صغيرا جدا .
وكما سبق ذكره يمكن تقدير معدل التعرض بين معرفة ثابت جاما للعنصر المشع ومن معرفة قوة المصدر بالكوري أو البكرل .

• • وحدة التعرض الكلي هي الرونتجن

والرونتجن هو حاصل ضرب معدل التعرض (الرونتجن لكل ساعة) في زمن التعرض بالساعات .
وحتى يكون التعرض أقل ما يمكن يجب أن يكون زمن التعرض أقل ما يمكن .
ويعتبر هذا القانون من القوانين الهامة في مجال الوقاية من الإشعاع المؤين .

فعلى سبيل المثال عند دخول منطقة عمل بها مصادر اشعاعية لا بد من توفر الاشارات اللازمة تعريف الداخل الى المنطقة بالمنسوب الاشعاعي عند المدخل والتوزيع التعرضي عند المواقع المختلفة داخل المنطقة ومواقع المصدر المشع والزمن المسموح به للتواجد بالمنطقة .

الحواجز الواقية من الاشعاع

تعمل الحواجز الواقية من الاشعاع على امتصاص جزء من (أو كل) طاقة وكمية الاشعاع .

ويعتبر الرصاص والخرسانة من أنسب المواد في تقليل كمية أشعة أكس وأشعة جاما .

ويعتبر الماء والخرسانة من أنسب المواد لتقليل كمية النيوترونات .

ويعتبر الألومنيوم والبلاستيك من أنسب المواد لامتصاص أشعة بيتا .

ويعتبر الورق أو الشرائح الرقيقة من البلاستيك من أنسب المواد لامتصاص أشعة ألفا .

وكما سبق ذكره فإن السمك اللازم لتقليل كمية الاشعاع الى النصف يعرف بطبقة سمك النصف (*) .

(*) يستخدم حاليا في الجلترا طبقة سمك العشر وهو السمك اللازم لتقليل الاشعاع الى العشر وهذا السمك = 2.3 سمك النصف لأشعة كوبالت ٦٠ = 4 سم رصاص .

ونحتاج الى طبقتين من سمك النصف لتقليل الاشعاع الى الرابع .

ونحتاج الى ٣ طبقات من سمك النصف لتقليل الاشعاع الى الثمن .

ونحتاج الى ٤ طبقات من سمك النصف لتقليل الاشعاع الى ١٦/١ من القيمة الاولى .

ونحتاج الى ٥ طبقات من سمك النصف الى تقليل الاشعاع الى ٣٢/١ من القيمة الاولى .

وعموماً نحتاج الى ٧ طبقات من سمك النصف لتقليل الاشعاع الى أقل قدر ممكن ويزداد السمك بزيادة كمية الاشعاع كما هو الحال في المفاعلات النووية .

وتعتبر الحواجز الواقية من أهم وسائل الوقاية من الاشعاع .

هذا ولا بد الاشارة الى ان زيادة طاقة الفوتون او الجسيم يستلزم زيادة في سمك الدرع الواقى من الاشعاع .

وتوجد علاقة بين معامل الامتصاص للمواد وطبقة سمك النصف للفوتونات وهذه العلاقة هي :

معامل الامتصاص مضروباً في سمك النصف =
 مقدار ثابت ويعرف معامل الامتصاص بأنه معامل
 التوهين الإشعاعي وكلما زاد سمك النصف قل
 معامل الامتصاص ، وكلما زاد معامل الامتصاص قل
 سمك النصف . ويقدر معامل الامتصاص لاشعة جاما
 الصادرة من مصدر كوبالت - ٦٠ المشع بحوالي ٠٦
 لكل سم .

التعرضات

تقسم التعرضات الاشعاعية الى تعرض خارجي
وتعرض داخلي .

والتعرض الخارجي يعرف بأنه تعرض الافراد الى
الاشعاع من مصادر مشعة خارج الجسم ويكتفى
بالوسائل سالفة الذكر للوقاية .

والتعرض الخارجي يعرف بأنه تعرض الافراد الى
الاشعاع من مصادر مشعة داخل الجسم . وكما سبق
ذكره تصل المصادر المشعة الى داخل الجسم عن
طريق :

١ - الجهاز الهضمي .

٢ - الجهاز التنفسي .

٣ - الجروح والحروق والتشققات .

وللوقاية من التعرضات الداخلية يجب استخدام :

١ - الاقنعة الواقية .

السلامة الاشعاعية - ٨١

٢ - الملابس الواقية .

٣ - منع تناول طعام تلوث بالإشعاع .

هذا بالإضافة الى وسائل الوقاية سالفة الذكر .

وعند حساب الجرعة الاشعاعية للأفراد تجميع
الجرعة الاشعاعية الناتجة من التعرضات الخارجية على
الجرعة الاشعاعية الناتجة من التعرضات الداخلية .

وتكون الجرعة أقل ما يمكن عندما يكون التعرض
الخارجي أقل ما يمكن ويكون التعرض الداخلي كذلك أقل
ما يمكن أيضا .

وحدة الجرعة الممتصة - الراد

والراد كلمة أجنبية أصلها Rad وهي بدورها عبارة
عن الأحرف الأولى من ثلاثة كلمات هي
Radiation Absorbed dose

والراد هي وحدة الجرعة الممتصة وهي ناتج قسمة
طاقة ممتصة مقدارها ١٠٠ أرج على وحدة كتلة مقدارها
واحد جرام .

والأرج وحدة طاقة صغيرة جدا وهي ١/١٠ من
المليون من الجول وتصل إلى مليون المليون الإلكترون
فولت .

وكما سبق ذكره فإن الإشعاع كم وكيف ونحسب
الطاقة الممتصة من حاصل ضربه عدد الفوتونات مثلا
 \times طاقة كل فوتون .

أو عدد الجسيمات المشحونة \times طاقة الجسيم
المشحون .

أو عدد الجسيمات المتعادلة (النيترونات) \times الطاقة
المتصة في الجرام .

وحدة الجرعة المتصلة - الجرأى

والجرأى كلمة أجنبية أصلها Gray وهو اسم عالم من علماء فيزياء الاشعاع اهتم بدراسة توزيع الجرعة فى المواد .

والجرأى كالرأد وحدة للجرعة المتصلة تستخدم حديثا وهو خارج قسمة الطاقة (بالجول) على وحدة الكتلة (كيلو جرام) .

أى أن الجرأى الواحد = ١٠٠ رأد .

وبالنسبة الى مشتقات الجرأى يستخدم الملى جرأى وهو الواحد من الالف من الجرأى والميكرو جرأى وهو الواحد من الالف الملى جرأى أى واحد من المليون من الجرأى

وهناك علاقة تقريبية بين التعرض فى الهسواء ووحدته الرونتجون والجرعة المتصلة فى الأنسجة والخلايا ووحدتها الرأد .

وهذه العلاقة تقول ان الرونتجون = $100/96$ من

الراد •

ولهذا يمكن القول ان الرونتجون هو الراد تقريبا •

∴ .

الريم - وحدة الجرعة المكافئة

والريم كلمة أجنبية واصلها Rem وهي كلمة
تتكون من الأحرف الأولى من الجملة
Radiation equivalent man

والسبب في استحداث هذه الوحدة هو التأثيرات
البيولوجية المختلفة للإشعاعات المختلفة .

ولقد توصل علماء بيولوجيا الإشعاع إلى الآتي : -
واحد راد من النيوترونات له تأثير بيولوجي ١٠
أمثال واحد راد من أشعة جاما .

١ راد من البروتونات له تأثير بيولوجي ١٠ أمثال
١ راد من أشعة جاما .

١ راد من أشعة ألفا لها تأثير بيولوجي ٢٠ مثل
١ راد من أشعة جاما .

١ راد من أشعة بيتا لها تأثير بيولوجي
مثل ١ راد من أشعة جاما .

ويطلق على هذه النسبة المعامل البيولوجي النسبي
أو المعامل الكيفي .

وعليه فان الجرعة المكافئة = الجرعة المستصة \times
المعامل الكيفي أى أن واحد ريم = واحد راد \times المعامل
الكيفي وكما سبق ذكره فان الجرعة المكافئة
الكلية = الجرعة المكافئة الكلية من الاشعاعات المختلفة.
كما أن الجرعة المكافئة الكلية = الجرعة المكافئة
من التعرضات الداخلية بالاضافة الى الجرعة المكافئة من
التعرضات الخارجية .

هذا بالاضافة الى أن الجرعة المكافئة الكلية = معدل
الجرعة المكافئة مضروباً في زمن التعرض . ووحدة معدل
الجرعة المكافئة هو الريم لكل ساعة .

السيغرت وحدة الجرعة المكافئة المستحددة

كما استحدث العلماء وحدة الجراى للجرعة
المتنصة فقد استحدث العلماء وحدة السيغرت للجرعة
المكافئة . وعليه :

فان وحدة الجرعة المكافئة بالسيغرت = . وحبيدة
الجرعة المتنصة بالجراى مضروباً فى المعامل الكيفى .

وعليه فان السيغرت = ١٠٠ ريم
ومشتقات السفرت هى الى سيغرت = ١٠٠٠/١
من السيغرت .

والميكروسيغرت = ١٠٠٠/١ من الى سيغرت أى
الواحد من المليون من السيغرت .

وللعلم فان حد الجرعة المكافئة المؤثرة للمهنيين
= ٥٠ مى سيغرت (٥ ريم) وللأفراد من الجمهور
= ٥ مى سيغرت وعليه يكون معدل الجرعة المكافئة المؤثرة
= ٢٥ ميكرو سيغرت فى الساعة للمهنيين والى ٢٥
ميكروسيغرت فى الساعة للأفراد من الجمهور .

وفي حالة حادثة حريق مفاعل تشيرنوبل الروسى
زاد التركيز الاشعاعى بالدول المجاورة ووصل معسجل
الجرعة المكافئة المؤثر = ٢٥ ميكروسيغرت فى الساعة
بعد يومين من بدء الحادثة ثم قل التركيز الاشعاعى فقلت
الجرعة المكافئة .

٥ - السلامة في مجال الاشعاع

يمكن تصنيف اساس السلامة في مجال الاشعاع (*) الى مجالين وهما :

١ - السلامة الاشعاعية .

٢ - السلامة الهندسية .

والمجال الاول يهتم بتطبيق قواعد الوقاية من الاشعاع صالفة الذكر .

ويهتم المجال الثاني بتطبيق القواعد الهندسية خلال عمليات التصميم - التشغيل وعند ازالة المنشآت النووية وخلال عمليات نقل المواد المشعة وعمليات التخلص من المواد المشعة .

واساس السلامة العامة هي :

(*) مثل المؤلف مصر كخبير في اجتماعات الوكالة الدولية للطاقة الذرية في اعداد سلسلة السلامة رقم ٩ بعنوان معايير السلامة لاغراض الوقاية من الاشعاع ، النمسا ، ١٩٨٢ .

١ - تبرير الممارسة الإشعاعية .

٢ - الوقاية الامثل .

٣ - تطبيق نظام حد الجرعة .

وتقوم الجهة المسئولة فى الدولة بالتأكد من تطبيق
أسس السلامة . والوضع الحالى فى جمهورية مصر العربية
هناك أكثر من جهة مسئولة عن التنفيذ وذلك بناء على
القانون رقم ٥٩ لسنة ١٩٦٠ والجهة الأولى هى وزارة
الصحة وهى مسئولة عن التنفيذ بالنسبة الى المصادر
المشعة المفلقة والاجهزة التى تنبعث منها اشعاعات
مؤينة .

والجهة الأخرى هى هيئة الطاقة الذرية وهى مسئولة
عن التنفيذ بالنسبة الى المفاعلات والمصادر المفتوحة .

الترخيص الشخصي

تمنح وزارة الصحة أو هيئة الطاقة الذرية المصرية
ترخيصاً شخصياً بعد أن يقدم ما يفيد حضوره دورة
تدريبية في مجال استخدامات المصادر المشعة (المغلقة أو
المفتوحة) من جهة علمية أو من هيئة الطاقة الذرية .
ويقوم المركز الاقليمي للنظائر المشعة التابع لهيئة
الطاقة الذرية بعقد دورات تدريبية بصفة دورية حيث
يدرس الطالب محاضرات نظرية وكذلك يقوم بإجراء
تجارب تحت اشراف متخصصين من هيئة الطاقة الذرية .

الترخيص المكاني

• تمنح وزارة الصحة أو هيئة الطاقة الذرية ترخيصا مكانيا بعد أن يتقدم الطالب بطلب بذلك ويجهز المكان الملائم وقبل دخول المصدر المشع به .

ويقوم الفيزيائي الصحي بزيارة المكان والتأكد من أنه ملائم للعرض المطلوب . ويقوم الفيزيائي الصحي بزيارة المكان بعد دخول المصدر المشع به ويجري القياسات الإشعاعية (المسح الإشعاعي) حول المكان ويرفع الفيزيائي الصحي تقريراً إلى المسؤولين .

وتمنح اللجنة الفنية للوقاية من الإشعاع بوزارة الصحة التراخيص اللازمة للمصادر المغلقة والأجهزة التي تنبعث عنها اشعاعات مؤينة .

تبرير الممارسة

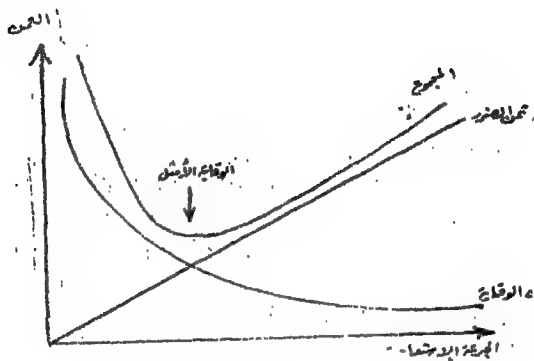
على طالب الترخيص المكاني أن يقدم الى الجهة
المسئولة ما يثبت تبرير الممارسة وأن هناك فائدة نهائية
من الممارسة .

ويمكن استخدام العلاقة التالية :

الفائدة النهائية = الفائدة الكلية - ثمن الانتاج -
ثمن الوقاية - ثمن الضرر .

ويطلق على هذه العلاقة بعلاقة تحصيل الثمن -
الفائدة .

ويعرف ثمن الوقاية بالمبالغ المطلوبة للحصول على
أجهزة الوقاية والحواجز الواقية والاقنعة والملابس الواقية،
ويعرف ثمن الضرر بأنه المبالغ التي تخسرها نتيجة
تدريب واعداد الافراد ثم وفاتهم وعدم الاستفادة منهم .



شكل (١١) تطبيق مبدأ « كل التعرضات الإشعاعية تكون لأقل ما يمكن التوصل له بالمعقول مع الأخذ في الاعتبار النواحي الاجتماعية والاقتصادية »

الوقاية الأمثل

على طالب الترخيص أن يقدم الى الجهة المسئولة ما يفيد بأن كل التعرضات الاشعاعية تكون لأقل ما يمكن التوصل له . وهذا المبدأ يعرف بمبدأ ALARA مع الأخذ في الاعتبار النواحي الاجتماعية والاقتصادية .

ويكون التعرض لأقل ما يمكن عندما تتساوى النسبتان : -

$$\frac{\text{التغير في زمن الوقاية}}{\text{التغير في الجرعة الاشعاعية}} = \frac{\text{التغير في زمن الضرر الاشعاعي}}{\text{التغير في الجرعة الاشعاعية}}$$

ويطلق على هذه النسبة بمعامل الفا factor

وتقدر قيمة هذه المعامل في الولايات المتحدة الامريكية ١٠٠٠ دولار لكل ريم -

وتختلف قيمة المعامل من بلد الى آخر .

نظام حد الجرعة

طبقا لتوصيات رابطة الوقاية من الاشعاع الدولية
فان هناك حد للجرعة الاشعاعية للمهنيين .

وهناك حد آخر للجرعة الاشعاعية للأفراد من
الجمهور والسبب في ذلك أن عدد المهنيين محدود ويمكن
متابعتهم صحيا ولكن الأفراد من الجمهور عددهم كبير
جدا .

١ - حد الجرعة للمهنيين .

ويعرف المهنيون بأنهم الأفراد الذين يتعرضون
للاشعاع خلال عملهم .

وحد الجرعة لهم = ٥ ريم في السنة = ٥٠ ملي
سيفرت في السنة ولما كان هناك ٥٠ أسبوع عمل في
السنة .

لذا فان حد الجرعة الأسبوعي = ١٠٠ ملي ريم
في الأسبوع = ١ ملي سيفرت في الأسبوع وحد الجرعة
لكل ساعة = ٢٥ ملي ريم في الساعة = ٢٥ ميكرو

السلامة الاشعاعية - ٩٧

سيغرت في الساعة وذلك بفرض ٤٠ ساعة عمل لكسل
أسبوع .

٢ - حد الجرعة للأفراد من الجمهور .

ويقصد بالأفراد من الجمهور هم الأفراد غير
المهنيين وكذلك الأفراد الذين لا يتعرضون للإشعاع بسبب
المرض .

وحدة الجرعة للأفراد من الجمهور = $10/1$ حد
الجرعة للمهنيين أي $1/4$ ريم في السنة أي ٥٠٠ مل ريم
في السنة . أي ٥ مل سيغرت في السنة .

ولابد للإشارة أن هذه الحدود للتعرضات الخارجية
والداخلية معا . كما أن هذه التعرضات لا تشمل على
التعرضات للإشعاعات بالطبيعة (إشعاع الخلفية
الطبيعي) .

٦ - التعرضات الإشعاعية

يرى خبراء الوقاية من الاشعاع أن التعرضات الإشعاعية يمكن تقسيمها الى ٤ مجموعات وهي :

١ - التعرضات المهنية .

٢ - التعرضات الطبية وهي التعرضات التي تتم بناء على توصية من الطبيب للتشخيص أو العلاج .

٣ - تعرضات الافراد من الجمهور عدا التعرضات الطبية .

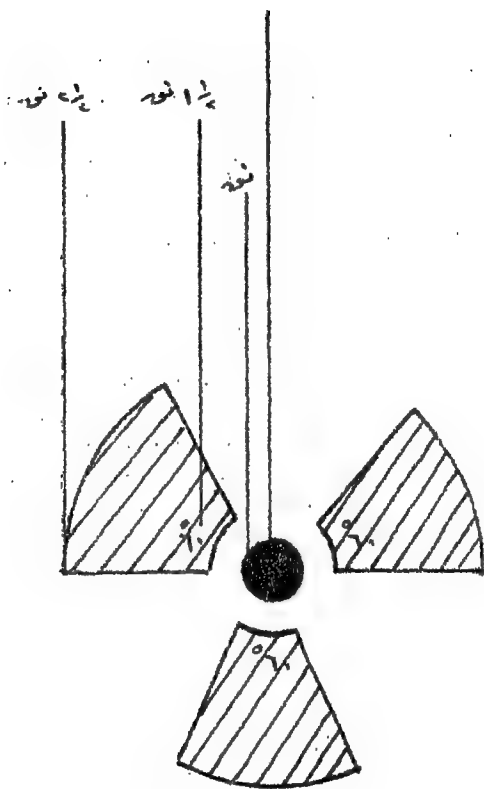
٤ - التعرضات الإشعاعية عند الحوادث والطوارئ .

التعرضات المهنية

بالإضافة الى ضرورة تطبيق مبدأ تبرير الممارسة
والوقاية الامثل يجب تطبيق نظام حد الجرعة . ويمكن
تقسيم الافراد (المهنيين) وأماكن العمل طبقا للجرعة
الاشعاعية السنوية .

يصنف الافراد الى ٣ مجموعات .

١ - المجموعة التي قد تتعرض لجرعة أكبر من
٣٠٠ المجرعة السنوية ويجب خضوعهم الى الاشراف الطبي
وتزويدهم بأجهزة قياس الجرعة الشخصية .



شكل (١٢) رمز الاشعاعات المؤينة

٢ - الافراد المحتمل تعرضهم لجرعة تزيد عن $\frac{1}{3}$ الجرعة السنوية وأقل من $\frac{10}{3}$ الجرعة السنوية. ويجب قياس المنسوب الاشعاعي دوريا وعمل فحوص طبية لبعض العاملين وتزويد بعض العاملين بأجهزة قياس الجرعة الشخصية .

٣ - الافراد المحتمل تعرضهم لجرعة أقل من $\frac{10}{1}$ من الجرعة السنوية ويعاملون معاملة الافراد من الجمهور .
ويمكن تصنيف أماكن العمل الى ثلاثة مناطق :

١ - مناطق تحت السيطرة حيث تصل الجرعة السنوية الى أو تزيد عن $\frac{10}{3}$ من الجرعة السنوية. ويجب تحديد أماكن الدخول والخروج من هذه المناطق ولابد من توفر أجهزة القياس وتحديد زمن التواجد ووجود علامات بارزة واضحة توضح المنسوب الاشعاعي ووجود المصدر المشع .

٢ - مناطق تحت الاشراف حيث تقل الجرعة الاشعاعية عن $\frac{10}{3}$ من الجرعة السنوية ويجب توفر أجهزة القياس ووجود علامات واضحة توضح نوع المصدر والمنسوب الاشعاعي .

٣ - مناطق العمل الاداري ولا تحتاج الى وجود أجهزة أو علامات واضحة .

التعرضات الطبية

تستخدم المصادر المشعة والأجهزة التي تنبعث منها اشعاع مؤين (مثل ماكينات الاشعة السينية والمعجلات النووية) فى التشخيص والعلاج الطبى .

وفى هذه الحالة يجب تطبيق مبدأ تبرير الممارسة والوقاية الامثل ولا يطبق نظام حد الجرعة على المرضى .

ولقد ظهر نوع جديد من أنواع الفيزياء الاشعاعية هو فرع دوزميتري (علم قياس الجرعة) المرضى ويهتم هذا الفرع بأن تكون التعرضات الطبية لاقل جرعة ممكنة وعدم تعرض الانسجة والخلايا السليمة للاشعاع .

ويجب على المريض ابلاغ الطبيب بالتعرضات الطبية السابقة حتى يقرر الطبيب حاجة المريض الى تعرض اشعاعى جديد أو الاكتفاء بالتعرضات السابقة .

تعرضات الافراد من الجمهور

كما سبق ذكره أن هذه التعرضات لا تشتمل على التعرضات الطبية • ويمكن أن تعرف هذه التعرضات بأنها التعرضات الزائدة بفعل التطور التكنولوجي ومنها على سبيل المثال :

١ - نتيجة السفر بالطائرات (٥ ميكرو سيفرت لكل ساعة طيران) •

٢ - مشاهدة التلفزيون وشرائط الفيديو واستخدام أجهزة عرض • (عشرة ميكرو سيفرت في السنة لكل ساعة مشاهدة يوميا) •

٣ - التساقط الاشعاعي من التفجيرات النووية • (عشرة ميكرو سيفرت في السنة) •

٤ - التعرض للاشعاع المنطلق من مواد البناء (واحد ملي سيفرت في السنة) •

٥ - نتيجة تشغيل المحطات النووية • عشرة ميكرو سيفرت في السنة •

التعرضات عند الحوادث والطوارئ

تعرف هذه التعرضات بأنها تعرضات غير عادية والحالة الطارئة هي الحالة التي تتطلب تطلوع من الافراد للتعرض الاشعاعي وذلك لعمل منخطط له وذلك لانقاذ شيء هام أو لوقف خطر . وفي هذه الحالة يسمح بتعرض الافراد الى جرعة اشعاعية تصل الى ضعف الجرعة السنوية . ويمكن تكرار هذه الجرعة ٤ مرات خلال العمر .

وتعرف الحوادث بأنها الحالات التي لا يمكن التنبؤ بها كما في حالة مفاعل جزيرة الثلاثة أميال وسبقوط قنبلي هيروشيما ونجازاكي .

٧ - بعض مصادر الاشعاع

الاشعاع بالطبيعة

يتعرض الافراد الى الاشعاع المؤين بالطبيعة ويمكن تصنيف مصادر الاشعاع بالطبيعة الى :

١ - الاشعة الكونية وهي اشعة صادرة من الكون وتصل الى كل مكان على سطح الأرض وتكون أقل ما يمكن فى مستوى سطح البحر ويزيد معدل التعرض مع الارتفاع عن سطح البحر . كما يكون التعرض أقل ما يمكن عند خط الاستواء وتزيد الجرعة كلما بعدنا عن خط الاستواء .

ويمكن تقسيم الاشعة الكونية الى اشعة كونية اولية واشعة كونية ثانوية وتصل الى سطح الأرض الاشعة الكونية الثانوية . وتشتمل الاشعة الكونية الثانوية على الكثرونات وبروتونات ونيوترونات .

ويبلغ معدل التعرض للاشعة الكونية بمصر ٣٠٠ ميكرو سيفرت سنويا .

٢ - الاشعاع الأرضى وهي اشعة تنبعث من سلسلة

اليورانيوم وسلسلة الثوريوم وهي عناصر ثقيلة مشعة وتنطلق منها جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما هذا بالإضافة الى البوتاسيوم - ٤٠ الموجود أيضا في التربة .

• ويبلغ معدل التعرض للإشعاع الأرضي بمصر حوالى ٤ ميكرو سيفرت سنويا .

٣ - كما يتعرض الافراد الى اشعاع مؤين بالهواء وكذلك اشعاع مؤين عن طريق الغذاء .

• ويبلغ معدل التعرض لهذا النوع من الاشعاع بحوالى ٢٠٠ ميكرو سيفرت سنويا .

٤ - يتعرض الافراد الى الإشعاع المأين الصادر عن مواد البناء وتشتمل مواد البناء على اليورانيوم والثوريوم ونواتج تحولاتهم النووية وكذلك البوتاسيوم - ٤٠ وهذا النوع من الاشعاع طبيعى الا أننا نتعرض له بفضل التطور التكنولوجى .

• وعموما يصل معدل التعارض السنوى للأفراد من الجمهور من الاشعاع الطبيعى حوالى ١٠٠٠ ملي سيفرت فى السنة فى مصر • ويصل الى ١٨٠٠ ملي سيفرت فى السنة فى انجلترا أو البلاد الباردة وذلك بسبب ندرة تهوية المنازل للحفاظ على الطاقة ويتسبب ذلك فى زيادة التركيز الاشعاعى بالمنازل .

ماكينات الاشعة السينية

تستخدم ماكينات الاشعة السينية في التشخيص
والعلاج وتعتمد الجرعة الاشعاعية التي يتعرض لها الافراد
على العوامل التالية :

- ١ - الجهد الكهربى .
- ٢ - تيار الانبوبة .
- ٣ - زمن التشغيل
- ٤ - المسافة بين أنبوبة الاشعة والفرد .

فيزيد التعرض بزيادة الجهد الكهربى وبزيادة
تيار الأنبوبة وزيادة زمن التشغيل وتقل بزيادة المسافة
بين انبوبة التشغيل والمريض .

وفى حالة التشخيص يكون التعرض لاقل ما يمكن
من الاشعاع وفى حالة العلاج يكون التعرض اكبر ما يمكن
للمضو أو النسيج المراد علاجه .

وفى العادة يقسم الاشعاع الصادر عن ماكينة
الاشعاع السينية الى اشعاع مباشر واشعاع مشتت .

ويستخدم الاشعاع المباشر فى علاج المريض • ويجب
الوقاية من الاشعاع المشتت • وتستخدم الدروع الواقية
للوقاية من الاشعاع المشتت كما يستخدم الاطباء والفنيون
دروع واقية لحماية أنفسهم •

كما تستخدم ماكينات الأشعة السينية فى اختبارات
الجودة والفحوص اللا اتلافية للخامات والمعادن واختبارات
اللحام خاصة بالنسبة الى جسم السفن والأنابيب
المعدنية •

ولقد استحدثت فى المجال الطبى ماكينات أشعة
سينية خاصة تعرف بإشعة المقطع المحورية وهذه
الاجهزة مزودة بكمبيوتر وتتحرك كل من أنبوبة الأشعة
والكاشف الاشعاعى (الومضى) على محور مركزه العضو
المراد تشخيصه •

مصادر الكوبالت المشع

الكوبالت عنصر من العناصر المتوسطة وله عدة نظائر مثل النظير - ٥٩ المستقر والمتوفر بالطبيعة وله نظائر مشعة مثل النظير - ٦٠ . وللتفرقة بين هذه النظائر يجب ذكر رقم النظير أمام اسم العنصر (الكوبالت) .

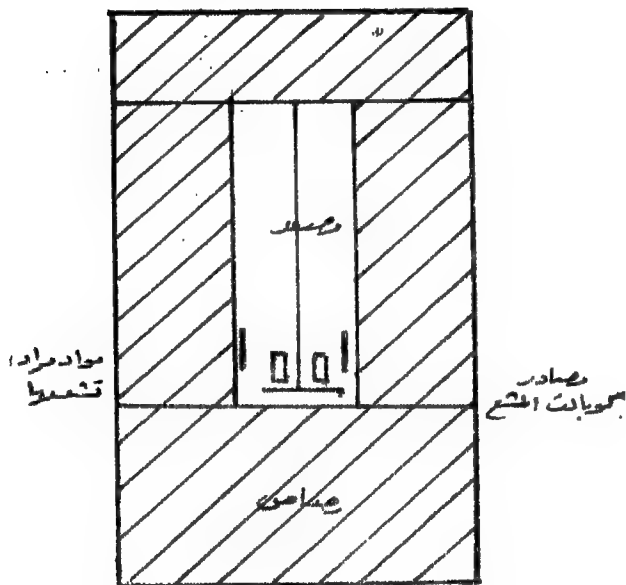
ويتولد النظير كوبالت - ٦٠ نتيجة عمليات الاسر النيوتروني . أى يوضع الكوبالت المتوفر بالطبيعة بقلب المفاعل النووى ويتحول النظير غير المشع الى نظير مشع . وكما سبق ذكره أن هذا النظير المشع يتم تحولات نووية باطلاق جسيمات بيتا . فتتحول نواة هذا النظير المشع الى نواة عنصر النيكل المثارة . والتي تنطلق منها اشعاعات جاما عالية الطاقة ١١٧ و ١٣٣ مليون الكترون فولت .

ويتميز الكوبالت المشع بطول نصف العمر ٢٦ سنة وكذلك ثابت جاما عالى ٢٩ (رونتجون لكل ساعة) لكل كورى على بعد متر من المصدر . ويستخدم الكوبالت المشع فى علاج الاورام

السرطانية العميقة وذلك باستخدام مجموعة من مصادر الكوبالت المشع موزعة بطريقة هندسية داخل اسطوانة مفرغة من الداخل ومدعمة بالرصاص من الخارج - بحيث يصل الاشعاع الى المنطقة المراد علاجها فى العمق .

كما يستخدم الكوبالت المشع فى فحص اللحام والعمليات الصناعية .

وتستخدم مصادر ذات قوة نشاط اشعاعى منخفضة لمعايرة الاجهزة وفى التجارب التى يقوم بها الطلبة خلال الدروس العملية .



شكل (١٣) منظر عام لوحده الكويكبات المتع

وحدة الكوبالت المشع

يطلق مصطلح وحدة الكوبالت على نظام هندسي كندى (تصنع الطاقة الذرية بكندا) . وهذا النظام يتكون من اسطوانة من الرصاص سميكة مجوفة من الداخل . وبالقرب من $\frac{1}{4}$ الاسطوانة السفلى توجد مصادر الكوبالت المشع وهي على شكل أبر طويلة موزعة على شكل دائرة . وعلى طول المسافة من مركز المصادر وحتى قرب قمة الاسطوانة الرصاصية يتحرك مصعد صغير كهربيا .

هذا بالإضافة الى وجود تدريع رصاص أسفل منطقة تواجد المصادر المشعة وكذلك هناك تدريع رصاص عند قمة الاسطوانة الرصاصية . كما أن الجهاز مزود ببيقات لتحديد زمن التعرض ولا يعمل الجهاز بدون الميقات (الكهربى) .

ولقد استخدم الباحثون هذا التكوين لعمل دراسات وبحوث فى مجال تأثير أشعة جاما على المواد المختلفة واستخدم هذا التكوين فى دراسات الفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة والعلوم الهندسية .

ويتميز هذا التكوين بأن الشركة المصنعة تضع في الاعتبار أن يكون سمك الرصاص بالاسطوانة كافيا لوقاية العاملين عند بدء التصنيع . وكما سبق ذكره أن الكوبالت - ٦٠ عنصر مشع يتميز بنصف عمر مقداره ٢٦٥ سنة أى أن النشاط الإشعاعي يقل الى النصف بعد خمس سنوات وإلى الربع بعد ١٠ سنوات وإلى الثمن بعد ١٥ سنة تقريبا .

ويوجد من وحدات الكوبالت المشع العديد في مركز البحوث النووية وفي المركز القومي لبحوث وتكنولوجيا الإشعاع والمركز الاقليمي للنظائر المشعة

وأخيرا يطلق لفظ وحدة الكوبالت على هذا التكوين لان الشركة المصنعة تكرر تصنيع هذه الوحدات وتصديرها الى دول العالم .

وحدة جاما التشيعية

توجد في جمهورية مصر العربية وحدة كوبالت -
٦٠ التشيعية العملاقة في المركز القومي لبحوث
وتكنولوجيا الاشعاع بمدينة نصر . حيث تصل قوة
النشاط الاشعاعي لمصادر الكوبالت بالوحدة الى ٤٠٠ ألف
كوري . كما توجد وحدة أصغر في مستشفى الملك
فيصل التخصصي ومركز الابحاث بالرياض بالسعودية .
وفي العادة توجد المصادر داخل حوض مائي كبير
وعند تشغيل الوحدة ترتفع المصادر .
وتستغل هذه الوحدة في العمليات التشيعية
الكبيرة ومنها حفظ الغذاء والتعقيم والعمليات الأخرى .

وحدة خزن الوقود النووي

تستغل وحدة خزن الوقود النووي في مبنى
المفاعل النووي المصري في الدراسات والبحوث الخاصة
بتأثير الإشعاع على المواد .

وكما هو معروف أن الوقود النووي يخزن في حوض
مائي وفي أماكن محددة .

ويقوم الفنيون بوضع المواد المراد دراستها داخل
اسطوانة تطلق جيذا وتوضع في الأماكن التي لا يوجد
بها وقود نووي داخل الحوض المائي .

وكما هو معروف أن الوقود النووي قبل استخدامه
في قلب المفاعل عبارة عن يورانيوم مخصب (أى به نظير
يورانيوم ٢٣٥ بنسبة أعلى من وجوده بالطبيعة) .

وعند تشغيل المفاعل تتم التفاعلات النووية وتنشط
نويات اليورانيوم مكونة جسيمات منشطة وكما سبق
ذكره فإنها نظائر مشعة (تصل الى ١٠٠ نظير) وتنطلق
منها اشعاعات مؤينة .

ولقد استغل العالم المصري د. رضا عزام هذه

الوحدة في عمل دراسات وبحوث في مجال استحداث
مركبات كيميائية جديدة ذات صفات غير عادية ويستخدمها
حاليا في مجال تثبيت التربة والزراعة .

وحدة السيزيوم - ١٣٧

السيزيوم عنصر من العناصر المتوسطة وله عدة نظائر منها نظير - ١٣٣ وله عدد من النظائر المشعة أهمها نظير السيزيوم - ١٣٧ والذي تحصل عليه من نواتج انشطار اليورانيوم . بعد عمليات استخلاص كيميائية معقدة .

ويتميز هذا النظير بأن نصف العمر له ٣٠ سنة وأن ثابت جاما له صغير (٣ر٠ رونتجون لكل ساعة) لكل كوري على بعد متر من المصدر . وتنطلق منه اشعاع جاما بطاقة مقدارها ٠٦٦ر٠ مليون الكترون فولت .

وتستخدم مصادر السيزيوم ذات النشاط الاشعاعي الضعيف في التجارب المعملية والابحاث . وتستخدم المصادر ذات النشاط الاشعاعي القوي في مجالات اختبارات الجودة والكشف عن اللحام وتستخدم وحدات السيزيوم (مثل وحدات الكوبالت) في الدراسات الخاصة بتأثير أشعة جاما على المواد . وتستخدم كذلك في علاج الاورام السرطانية .

وفي التطورات الجديدة في علاج الاورام السرطانية
تم استحداث أبر السيزيوم التي توضع داخل الاورام
السرطانية بعمليات جراحية خاصة وتترك بالمريض لعدة
أيام •

اليود غاز وله نظائر عديدة مستقرة وغير مستقرة
ويستخدم اليود المشع في التشخيص والعلاج وذلك
لصفاته الجيدة وأهمها تركيزه في الغدة الدرقية .

كما أن اليود ينطلق كأحد نواتج الانشطار النووي
ولكونه غاز يمكن أن ينتشر من موقع الى آخر .

ولما كان الجسم في حاجة الى كمية معينة من
اليود وإذا زادت الكمية عن هذا الحد . خرجت الكمية
الزائدة من المنافذ الطبيعية للجسم . لذا فإن تناول
كمية من مركبات اليود على صورة بودرة أو كبسولة
يؤدي الى العمل على وقاية الافراد من اليود .

ويتميز اليود بصغر نصف عمره حيث يصل الى
ثمانية أيام وتنطلق منه أشعة بيتا وأشعة جاما بطاقة
منخفضة (٣٦ ر - مليون الكترون فولت) .

في حالة حادثة مفاعل تشيرنوبل الروسي اندفع
الاوربيون على المخازن الكيميائية والصيدليات لشراء
مركبات اليود وتناولها .

و طبقا لتوصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية .

١ - يتناول الافراد الذين تزيد اعمارهم عن سنة
١٣٠ ملجرام من ايوديد البوتاسيوم خلال اليوم الاول
و ٦٥ ملجرام من ايوديد البوتاسيوم يوميا .

٢ - الاطفال اقل من سبسة يكون تناولهم ٦٥
ملجرام من ايوديد البوتاسيوم يوميا .

ولا ينصح بتناول هذه المركبات لليود غير المشع
بصفة مستمرة ولا يجب أن يزيد مجموع ما يتناوله الفرد
عن جرام واحد (أى ١٥ يوم متتالي) . ويجب أن يتناول
بنام على توصيات من وزارة الصحة .

الذهب المشع

الذهب عنصر مستقر في الطبيعة - نظير الذهب -
١٩٧ وعندما تتم تفاعلات نيوترونية مع الذهب - يتحول
الى نظير ذهب - ١٩٨ .

والذهب المشع يتميز بصغر نصف العمر (أقل
من ٣ أيام) وتنتقل منه أشعة بيتا ويتحول الى الزئبق
وتنتقل أشعة جاما بطاقة منخفضة (٠.٤ مليون إلكترون
فولت) .

ويستخدم الذهب في عمليات التشخيص .

كما أن وجود الذهب المشع في أى وسط لدليل
على توفر النيوترونات البطيئة فهو يستخدم ككاشف
للنيوترونات .

الصوديوم المشع

... الصوديوم مشع في ملح الطعام كما أنه متوفر في الدم وللصوديوم نظيران مشعان : نظير صوديوم ٢٢ والآخر نظير صوديوم - ٢٤ . الأول له نصف عمر طويل (سنتان تقريباً) والآخر له نصف عمر قصير (١٥ ساعة فقط) .

والصوديوم - ٢٤ هام جداً وذلك بسبب طاقته الفوتونات العالية ١٣٨ و ٢٨ مليون إلكترون فولت .

كما أن وجود الانسان بالقرب من النيوترونات يؤدي الى تحويل جزء من صوديوم الجسم المستقر الى صوديوم مشع . وهذا بدوره يحول جسم الانسان الى مصدر مشع .

كما يستخدم الصوديوم ككاشف للنيوترونات وفي جاذبة مفاعل تشينوبيل . أكد المسئولون عدم تعرض الافراد الى النيوترونات لعدم اكتشاف الصوديوم المشع في اجسام المتعرضين للإشعاع .

أبى الرادىوم

الرادىوم جسم صلب متوفر بالطبيعة على شكل
نظير مشع ويتولد نتيجة التحولات النووية التى تتم فى
اليورانيوم وسلسلته .

والرادىوم له نصف عمر طويل جدا (١٦٢٠ سنة)
ويتحول الى غاز الرادون المشع (نصف عمر قصير جدا
= ٣.٨ يوم) .

ولقد استخدم الرادىوم (*) فى علاج الاورام
السرطانية من مدة طويلة واستخدمت أبى الرادىوم والتى
توضع بعمليات جراحية داخل العضو المريض بجسم
الانسان .

ونظرا للمشاكل التى تترتب من كسر هذه الابى

(*) استخدم الرادىوم فى دهن الساعات وعدادات الطائرات
وذلك حتى يكن رؤيتها فى الظلام . ونظرا للمشاكل الصحية التى
أصابت العاملين فى هذه المهنة فقد استبعد الرادىوم ويستخدم حاليا
مصادر اشعاعية أخرى .

وبعشرة المواد المشعة (بودرة ترمينستخوق) وعمليات التلوث
التي يجب ازالتها • وكذلك نظرا لمشاكل تخزين هذه
الأبر ، فقد تم استبعاد هذه الأبر في علاج الاورام
السرطانية في الدول المتقدمة وتستخدم أبر السيزيوم
بدلا منها •

الكاليفورنيوم - ٢٥٢

الكاليفورنيوم عنصر غير متوفر بالطبيعة ولقد تم التوصل اليه نتيجة التفاعلات النووية التي تتم باستخدام معجلات عالية الطاقة في الولايات المتحدة وروسيا .

للكاليفورنيوم نظائر عديدة ومن أهمها النظير كاليفورنيوم - ٢٥٢ . ويتميز هذا النظير بأنه مفاعل متحرك . حيث تنشطر نواه الكاليفورنيوم الى نواتج انشطار وتنطلق نيوترونات وأشعة جاما .

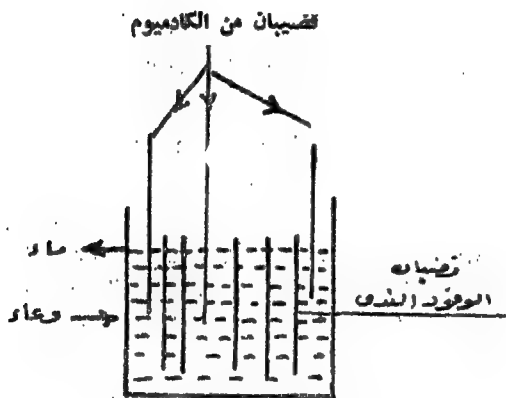
كما أنه يتميز بأن كل جرام من الكاليفورنيوم ينبعث منه ٢ مليون مليون نيوترون في الثانية . أى أن كل ميكروجرام منه ينبعث منه ٢ مليون نيوترون في الثانية .

ويستخدم هذا النظير المشع كمصدر للنيوترونات وكمصدر لأشعة ألفا وكمصدر لنواتج الانشطار في المختبرات والمعامل ومراكز البحوث .

كما تستخدم أبر الكاليفورنيوم - ٢٥٢ في علاج الاورام السرطانية - حيث توضع الابر بعمليات جراحية في الاماكن المصابة بجسم المريض .

الا ان أهم عيوب هذا النظير - صغر نصف العمر
حيث يبلغ ٢٦٥ سنة فقط .

ومن المصادر النيترونية الاخرى الموجودة بمصر
المصادر النيترونية المشعة مثل مصادر الراديوم - بيريوم
ومصادر امريسيوم - بيريوم والمعجلات النووية مثل المولد
النيتروني ومعجلات الابحاث .



شكل (١٤) مظهر عام لقلب المفاعل النووي

المفاعل النووي

يتكون المفاعل النووي أساساً من :

- ١ - وقود نووي .
- ٢ - مصدر للنيوترونات .
- ٣ - قلب المفاعل .
- ٤ - الدروع الواقية .

والوقود النووي عبارة عن يورانيوم - ثوريوم أو بلوتينيوم والأول والثاني يمكن الحصول عليهما بالطبيعة .
والثالث تحصل عليه نتيجة التفاعلات النووية .

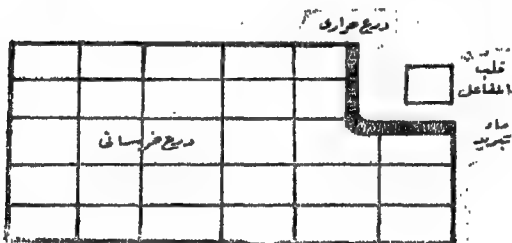
واليورانيوم له ٣ نظائر ، الأول نظير يورانيوم - ٢٣٨ (*) وهو متوفر بالطبيعة بنسبة كبيرة جداً (٩٩.٢٪) والآخر اليورانيوم - ٢٣٥ (٧٪) والنظير الثالث متوفر بنسبة بسيطة جداً وغير هام . وهذه النظائر ذات نصف عمر طويل جداً .

(*) العدد امام اسم النظير هو العدد الكتلي وهو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات : بلوتونيوم - ٩٤

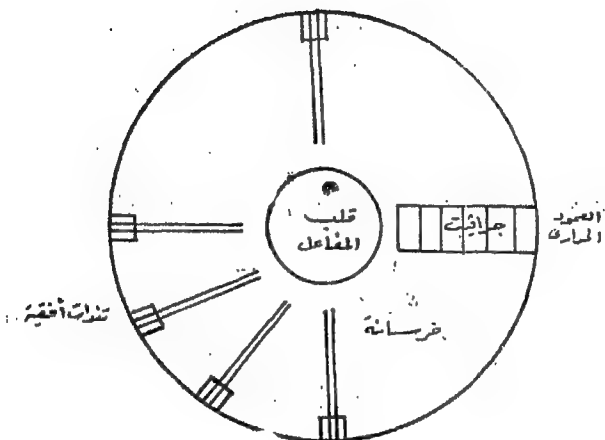
واليورانيوم - ٢٣٥ يتميز بقابلية عالية للانشطار مع ندرته بينما اليورانيوم - ٢٣٨ يتميز بقابلية منخفضة على الانشطار من كثرتة .

ولهذا تتم عمليات تخصيص لليورانيوم - ٢٣٥ للحصول على قدر مناسب من الانشطارات النووية .
- ويحتاج الى مصدر النيوترونات لاجراء التفاعلات النووية .

- يتكون قلب المفاعل من الوقود النووي والذي يكون على شكل اسطوانات طويلة في مجموعات تتميز بوجود مسافة محددة بين كل مجموعة وتوضع هذه الاسطوانات في وعاء كبير به ماء حيث يعمل الماء كمهدى للنيوترونات الناتجة من الانشطارات النووية .
كما يعمل كمبرد للحرارة المصاحبة لهذه التفاعلات النووية



شكل (١٥) منظر عام لنوع المفاعل النووي



شكل (١٦) منظر عام للفتوات الالقية والعمود الحرارى لمفاعل نووى

ويوجد بقلب المفاعل قضبان سيطرة من الكادميوم .
وتعمل هذه القضبان (عن طريق التحكم آليا أو يدويا)
على امتصاص الزائد من النيوترونات وذلك لضمان التشغيل
السليم للمفاعل .

٤ - الدروع الواقية للمفاعل (درع حرارى ودرع
خرسانى) والدروع الحرارية من الصلب وتعمل على
تقليل درجة الحرارة بين قلب المفاعل والدرع الخرسانى .
والدروع الخرسانية وهى ما تعرف بالدرع الحيسوى
(البيولوجى) . وتتميز الأخيرة بسمكها اللازم لتقليل
الجرعة الاشعاعية الى مستوى الاشعاع القاعدى .

مفاعلات البحوث

تتميز مفاعلات البحوث بتوفر القنوات الأفقية والقنوات الرأسية • وكذلك العمود الحرارى •

والقنوات الأفقية عبارة عن أسطوانات مفرغة فى الدرع الحرسانى تفتح وتقفل بواسطة مفاتيح التشغيل الكهربائية • ويمكن للباحثين وضع أجهزة ومعدات اللازمة لاجراء التجارب امامها • وتستغل القنوات الأفقية فى اجراء تجارب فى مجال فيزياء النيوترونات والمفاعلات •

والقنوات الرأسية عبارة عن أسطوانات جافة أو رطبة رأسية وتستغل هذه القنوات فى وضع الكواشف النيترونية وكواشف اشعة جاما لاجراء القياسات الخاصة بالتوزيع التدفقى فى قلب المفاعل أو على أبعاد مختلفة من مركز المفاعل • كما توجد قناة رأسية خاصة تستخدم لتشعيع العينات (عناصر مستقرة) وتحويلها الى مصادر مشعة تستخدم فى دراسات الفيزياء والكيمياء النووية والتطبيقات المختلفة والعمود الحرارى عبارة عن قناة أفقية خاصة تتميز بوجود مكعبات من الجرافيت ذات مواصفات نقاوة خاصة وتتميز كذلك بوجود تدفق نيترونى حرارى على •

٨ - إدارة الطاقة الذرية

مركز البحوث النووية(*)

وفي جمهورية مصر العربية تبلغ قدرة مفاعل الأبحاث ٢ ميجاوات ، وهذا المفاعل يتبع قسم المفاعل النووي بمركز البحوث النووية يستخدم المفاعل أساسا قسم طبيعة المفاعلات والنيوترونات وقسم الكيمياء النووية والاقسام الأخرى بمركز البحوث النووية مثل قسم الطبيعة وقسم البلازما والمعجلات والقسم الهندسي وقسم البيولوجيا وقسم الزراعة وعلوم الاراضى والقسم الهندسي وقسم الفلزات وقسم النظائر المشعة هذا بالإضافة الى قسم الوقاية والدفاع المدنى .

(*) لمزيد من البيانات الاعلامية عن مركز البحوث النووية يرجع الى مجلة آخر ساعة ١٩٨٦/٧/١٠ .

المركز القومي لبحوث وتكنولوجيا الاشعاع

ويضم هذا المركز أساسا مجموعة من وحدات الكوبالت المشع ووحدات السيزيوم المشع بالإضافة الى وحدة جاما التشخيصية . وفي هذا المركز أقسام للطب الاشعاعية والكيمياء الاشعاعية والصيدلة وعلوم الحياة بالإضافة الى قسم الوقاية وقسم الدوزيمترى (قياس الجرعة الاشعاعية العالية) .

هيئة الطاقة الذرية المصرية

تضم هيئة الطاقة الذرية المصرية كل من مركز البحوث النووية والمركز القومي لبحوث وتكنولوجيا الإشعاع والمعمل الحار وكذلك جهاز تنظيم الامان النووي .

والمعمل الحار يشتمل على مجموعة من المعامل ذات المواصفات العالية وذلك لأجراء التجارب العملية الخاصة باستخلاص الخامات المشعة من الوقود النووي (سابق التشعيع) . ويشتمل المعمل الحار على مجموعة من الاقسام العلمية .

ويضم جهاز تنظيم الامان النووي مجموعة من الاقسام خاصة بالمواقع والبيئة والامان الاشعاعي والوقاية وبحوث الاشعاع وتأكيد الجودة وتشغيل المفاعلات ونقل المواد المشعة والتراخيص .

مؤسسة الطاقة الذرية

كانت مؤسسة الطاقة الذرية الجهاز الذي يشتمل حاليا على :

١ - هيئة الطاقة الذرية وتتبع وزارة الكهرباء والطاقة حاليا .

٢ - هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء الحالية وتتبع وزارة الكهرباء والطاقة (مشروع مفاعلات القوى النووية السابق) .

٣ - هيئة المواد النووية .

وتهتم بالحامات النووية من ناحية البحث عنها واستخراجها ثم تصنيعها كوقود نووى .

٤ - المركز الاقليمي للنظائر المشعة ولا يزال يتبع هيئة الطاقة الذرية .

والأخير يهتم بمقعد الدورات فى مجال استخدام النظائر المشعة والوقاية من الاشعاع . بالاضافة الى اجراء تجارب فى مجالات استخدام النظائر المشعة فى المجالات الخاصة بالمياه الأرضية ومجالات أخرى .

٩ - محطات القوى النووية لتوليد الكهرباء

الخطوة الأولى في توليد الكهرباء من محطات القدرة النووية والتقليدية في توليد بخار من تسخين الماء .
والاختلاف بين المحطات النووية والتقليدية في أنه بالمحطات التقليدية تتحرر الحرارة من حرق الوقود (الفحم - الزيت - الغاز) ولكن في المنشآت النووية تنطلق الحرارة من عمليات الانشطار النووي . يتم توليد الحرارة بالانشطار النووي بطريقة منظمة في المفاعل النووي .

تستخدم الحرارة بطريقة مباشرة لغلي الماء داخل المفاعل أو بطريقة غير مباشرة عن طريق نقل الحرارة الى الماء في المولد البخارى خارج المفاعل .

وعلى أى حال فان الغرض الرئيسى من المفاعل وأجهزته المساعدة هو توليد بخار عند أعلى درجة حرارة وضغط محتملين .

وما أن يتولد البخار فان العمليات التالية واحدة في كل من المحطات النووية والمحطات التقليدية . يدفع البخار التربين المتصل مع مولد كهربى . ففي التربين

يتحول جزء من حرارة البخار الى طاقة ميكانيكية للحركة الدائرية وفي المولد ، تتحول هذه الطاقة الى طاقة كهربية .

ويمر البخار المستهلك الخارج من التربين الى مكثف حيث يمرر ماء بارد خلال أنابيب تسبب تكثيف البخار الى ماء سائل . ويخدم المكثف عدة أغراض عن طريق تكثيف البخار فان الضغط الخارجى لمستهلك التربين قبل وفي نفس الوقت ، فان الحرارة المتبقية فى البخار تنزع عند درجة حرارة اقل لماء المكثف البارد .

وأخيرا ، لان الماء المستخدم ذا المواصفات العالية (فى توليد البخار) يحتفظ به بواسطة تكثيف البخار . ويعود السائل المكثف كماء تغذية الى المولد البخارى مرة أخرى .

الكفاءة الحرارية للمحطة

ويعرف جلاستون وجوردون (١٩٨٢) الكفاءة الحرارية للمحطة النووية بأنها النسبة التالية : -

$$\text{الكفاءة الحرارية} = \frac{\text{الطاقة الكهربائية المتولدة}}{\text{الطاقة الحرارية}} \times ١٠٠$$

وتصل درجة حرارة البخار في معظم المحطات التقليدية (الى ٥٧٠ درجة مئوية والكفاءة الحرارية الى (٤٠ ٪) هذا بالإضافة الى (١٠ ٪) تخرج مع حرق الغازات و (٥ ٪) - تفقد داخل المحطة ويترك (٤٥ ٪) من الحرارة الكلية تزال بواسطة المكثف أما في المحطات النووية فإن أقصى درجة حرارة للبخار تبلغ ٢٨٥ درجة مئوية وتصل الكفاءة الحرارية في المتوسط الى ٣٣ ٪ .

ولا يوجد فقدان عن طريق المدخنة وتفقد (٥ ٪) داخل المحطة ويترك للمكثف ازالة (٦٢ ٪) من الطاقة الحرارية .

وفي تصميمات المفاعلات الحديثة يستخدم
الصوديوم السائل أو غاز الهليوم بدلا من الماء كمبرد
لنزع طاقة الانشطار وبذلك يحصل على درجات حرارة
بخار أعلى وكفاءة أعلى .

السعة الكهربائية لمحطة توليد نووية

السعة التصميمية لمحطة نووية هي مقياس لأقصى معدل لتوليد الكهرباء • ويعرف بدلالة الكيلو وات أو باستخدام الميجا وات • والميجا وات = ١٠٠٠ وات •

ومعظم المحطات التقليدية للتوليد ذات سعة أقل من ٣٠٠ ميجا وات من الكهرباء • ولكن المنشآت الحديثة (والتقليدية والنووية) ذات سعة في حدود ١٠٠٠ ميجا وات أو أكثر •

ويطلق مصطلح معامل المحطة على النسبة بين المخرج الواقع الى مخرج التصميم $\times ١٠٠$ ولمعظم محطات القدرة الكبيرة فان معامل المحطة في المتوسط وعلى طول سنة كاملة يصل من ٦٠ الى ٧٠٪ •

• ويعبر عن كمية الكهرباء المستهلكة بدلالة الكيلو وات ساعة وتبلغ الكهرباء المستهلكة بفرض أن معامل المحطة ٧٠٪ لمدة ٢٤ ساعة يوميا لمحطة ذات قدرة ١٠٠٠ ميجا وات = ١٦٨ مليون كيلو وات ساعة • من الكهرباء يوميا • وفي المتوسط يكفى هذا الاستهلاك متطلبات الاغراض السكنية والصناعية والتجارية لنصف مليون فرد في الولايات المتحدة الامريكية •

تراخيص محطات القدرة النووية

طبقا للقانون رقم ٥٩ لسنة ١٩٦٠ فان هيئة الطاقة الذرية المصرية هي الجهة المسئولة عن اصدار تراخيص المفاعلات .

ولقد استحدثت في هيئة الطاقة الذرية جهاز التنظيم والامان النووى اعتبارا من عام ١٩٨٣ وذلك ليكون الجهة المسئولة داخل هيئة الطاقة الذرية لاصدار التراخيص اللازمة . كما أن القانون رقم ٥٩ ينظم استخدام الاشعاعات المؤينة والوقاية من اخطارها للمصادر المغلقة والمفتوحة والاجهزة التى تصدر عنها اشعاعات .

وفى الولايات المتحدة الامريكية ومن أجل حماية صحة وبسلامة الأفراد ولتحص تأثيرات قراراتها على البيئة فان هيئة التنظيم النووية وضعت برنامجا لتراخيص وتفتيش المنشآت النووية. وينفذ هذا البرنامج من خلال قوانين ولوائح تبين الخطى التى يجب اتباعها من النشاطات المرتبطة بالطاقة النووية . وهذه الاجراءات تخضع لتغييرات من وقت الى آخر .

قبل انشاء محطة نووية أو منشآت ذات علاقة مثل
محطة تصنيع الوقود أو محطة إعادة تصنيع الوقود - يجب
الحصول على موافقة من هيئة التنظيم النووي الامريكية
وبعد الانشاء لا تعمل المحطة الا بعد الحصول على ترخيص
ولا تصدر هذه الموافقات والتراخيص الا بعد مراجعات
عديدة تتضمن حضور واستماع الى الجمهور . وهذه
الموافقات والتراخيص والمراجعات يجب ان تبين أن الانشاء
المقترح والتشغيل يتم مع العناية بصحة وسلامة الافراد
والبيئة .

على الطالب وكجزء من طلب الموافقة لانشاء محطة
قدرة نووية توضيح الالتزام للمنشأة النووية مع لوائح
التقسيمات المحلية واستخدام الاراضى . كما يجب الأخذ
فى الاعتبار قواعد ولوائح قانون رقابة تلوث الماء المحلية
والقومية .

بالإضافة الى الاحتياطات العديدة التى تتم فى
اجراءات التراخيص لتوفير تأكيد قوى (من وجهة نظر
السلامة البيئة) أن تركيب وتشغيل المحطة النووية
مقبول . بالإضافة الى ذلك فان هيئة التنظيم النووي
تراقب التركيبات (الانشاء) والاختبار والتشغيل للمحطة
للتأكد من الالتزام مع ظروف الموافقة أو الترخيص .

وفى الولايات المتحدة الامريكية فصل خاص فى

اللوائح الفيدرالية يطلق عليه لوائح الطاقة أو (١٠)
وتتضمن هذه اللوائح المعايير والضوابط وعلى العموم
فان المعايير تحدد الحدود والطرق لتنفيذ الهدف
والضوابط توفر اسس المقارنة للحكم على صلاحية فعل
معين أو طريقة . ولهذه اللوائح قوة القانون ولهذا فان
الالتزام بها مطلوب .

ومن بين هذه اللوائح جزء - ٢٠ ويهتم بمعايير
الحماية من الاشعاع ويحكم اطلاق المواد المشعة للبيئة
ويضع حدود على التعرضات الاشعاعية للعاملين بالمحطة
والافراد من الجمهور من تشغيل المحطة النووية .

والجزء - ٥٠ ويهتم بتراخيص منشآت الانتاج
والاستخدام ويصف اجراءات اعداد واملاء طلبات الموافقة
على الانشاء وتراخيص التشغيل .

والجزء - ٥١ من اللوائح الفيدرالية يهتم بسياسة
التراخيص والتنظيمات والاجراءات من اجل حماية البيئة
ويختص باعداد تقارير البيئة والتي يجب تقديمها مع
طلبات الموافقة على الانشاء وتراخيص التشغيل .

والجزء - ١٠٠ من اللوائح الفيدرالية والخاص بضوابط
اختيار موقع المفاعل ويهتم بالقواعد الخاصة لتحديد
صلاحية موقع مقترح لمحطة نووية مع الاخذ في الاعتبار
حماية الافراد في حالة حادث .

سلامة المحطات النووية

يرى الاستاذ الدكتور ابراهيم فتحى حمودة رئيس
هيئة الطاقة الذرية السابق ومستشار رئيس الهيئة الحالى
لشئون السلامة أن سلامة المحطات النووية تركز على ٣
قواعد اساسية وهى :

- ١ - التصميم الجيد .
- ٢ - الموقع المناسب .
- ٣ - خطة الطوارئ الجيدة .

وتقع مسئولية سلامة التصميم والانشاء والتشغيل
لمحطات الطاقة النووية على صاحب (مشغل) المنشأة
النووية .

وعلى هيئة التنظيمات النووية مسئولية حماية سلامة
وصحة الافراد (وصفات البيئة) بالنسبة الى تطسور
واستخدام الطاقة النووية .

والمحطات النووية تتميز بأنها تولد كميات كبيرة من
المواد المشعة والتي قد تكون خطرة على جميع اشكال
الحياة اذا اطلقت بكميات كبيرة الى البيئة . وتهدف لوائح

هيئة التنظيمات النووية الى حد اطلاق المواد المشعة
بالبيئة .

وعليه فان الجرعات الاشعاعية التي يتعرض لها
الافراد والحيوانات والنباتات خلال التشغيل العادى
للمحطة النووية اقل من التغيرات فى جرعة الاشعاع الخلفية
بالطبيعة .

وعند تشغيل المحطة قد تحدث ظروف غير عادية
واذا لم يتم السيطرة على مثل هذه الظروف قد تؤدى الى
هروب كميات كبيرة من المواد المشعة الى البيئة .

الدفاع في العمق

تطلق هيئة التنظيمات النووية الأمريكية على فلسفتها الأساسية في تأكيد سلامة التصميم والانشاء والتشغيل الدفاع في العمق وهي تمثل ثلاثة مناسيب للسلامة :

المنسوب الأول للسلامة :

أن يكون تصميم المفاعل والاجهزة المساعدة بحيث ان يكون تشغيله لاعلى درجة من الأمان مع فرصة صغيرة لحدوث اعطال .

ولهذا الحد فان هيئة التنظيمات النووية الامريكية من خلال برنامجها الخاص بتأكيد الجودة تؤكد على استخدام دليل ومعايير خاصة لجودة المسواد والافراد في عمليات الانشاء .

ويجب أن تصمم المحطة النووية بحيث تتحمل الاعاصير والتورنادو والظواهر الطبيعية الاخرى . وتكون كذلك قادرة على انتهاء التشغيل بسلامة في حالة اقوى الزلازل المحتمل حدوثه في موقع المحطة .

هذا بالإضافة الى ان التصميم يجب أن يسمح
بالمراقبة المستمرة أو الدورية للمكونات والانظمة للكشف
عن اشعارات للعيوب .

المنسوب الثاني للسلامة :

بالرغم من التأكيدات السابقة عن تصميم وانشاء
المحطة بعناية فانه من الضروري افتراض حدوث بعض
الحوادث الصغيرة أو تشغيل خاطيء خلال عمر خدمة
المنشأة .

والغرض من الهدف الثاني للسلامة هو توفير
الوسائل القادرة على مواجهة مثل هذه الحوادث . وعليه
فان المفاعل النووي يجب تزويده بنظام حماية مصمم لمنع
واحتواء مدى من الظروف غير العادية .

المنسوب الثالث للسلامة :

يعتمد المنسوب الثالث للسلامة على اضافة مجموعة
من الانظمة والحواجز ضد هروب المواد المشعة وذلك لحماية
الافراد حتى اذا حدثت حادثة غير محتمل حدوثها .

ولتأسيس هذه الملامح الاضافية ، يفترض فشل
كبير في المكونات والانظمة وتحلل نواتجها . ومن تحليل
هذه الحوادث الافتراضية يحدد مجموعة من
حوادث التصميم الاساسية وتصمم انظمة السلامة
للسيطرة عليها واحتوائها .

وفي النهاية أن الهدف النهائي للسلامة النووية هو تقليل حد المخاطر الى منسوب صغير جدا مقبول للأفراد من الجمهور وكذلك للعاملين في المحطة النووية .

ومعظم المفاعلات العاملة بمحطات القوى النووية من نوع مفاعلات الماء الخفيف وتقسم الى مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء المغلي ويعتبر النوع الأول هو الأكثر شيوعاً .

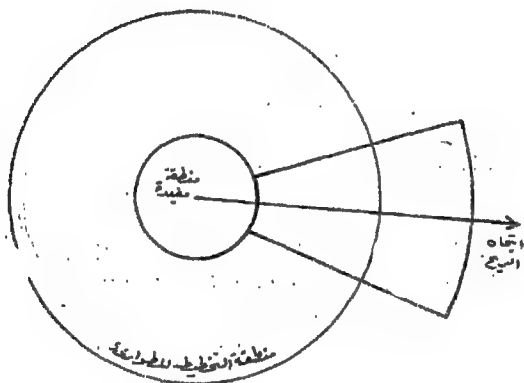
ويقدر احتمال حدوث حادثة انصهار تام لمفاعلات الماء الخفيف (5×10^{-5}) لكل مفاعل - سنة . وهذا يعنى احتمال حدوث حادثة واحدة خلال ٢٠ ألف مفاعل - سنة تشغيل .

الا أن خبراء هيئة التنظيمات النووية الامريكية وكذلك في المانيا الغربية قد حددوا احتمالات حدوث انصهار تام 10^{-4} لكل مفاعل - سنة . أى حادثة كل ١٠ آلاف مفاعل - سنة تشغيل .

ويذكر الأستاذ الدكتور ابراهيم فتحى حموده (*) أن عدد سنوات التشغيل للمحطات النووية قد بلغ ٣٥٠٠

(*) د . ابراهيم فتحى حموده - عكاظ - العدد ٧٣٦٠ -
١٩٨٦/٥/٥ - السعودية .

الى ٤٠٠٠ سنة تشغيل وهذا يعنى انه من المفروض عدم حدوث حادث جزيرة الثلاثة أميال الامريكى وحادث تشرنوبل الروسى والمخالفان لكل توقعات العلماء .



شكل (١٧) المناطق حول موقع المحطة النووية

حسن اختيار الموقع

يجب الأخذ في الاعتبار اعتبارات كثيرة عند اختيار موقع يكون مقبولا لمحطة قدرة نووية • وبعض هذه الاعتبارات مرتبط مع التوزيع السكاني حول الموقع المقترح وفي الجزء ١٠٠ من اللوائح الفيدرالية الأمريكية الخاصة بالطاقة (١٠) تميز ثلاث مناطق هي :

١ - المنطقة المقيدة •

٢ - منطقة الكثافة المنخفضة أو منطقة التخطيط للطوارئ •

٣ - المسافة من مركز سكاني •

المنطقة المقيدة

وهذه المنطقة ثابتة ذات نصف قطر لا يقل عن ٨٠ كيلو متر أو نصف ميل . وتعرف هذه المنطقة بأنها المنطقة التي تحيط بالمنشأة النووية وللحاصل على الترخيص كل السلطات لتحديد الأنشطة وتواجد أو طرد الافراد والممتلكات . والسكن داخل هذه المنطقة ممنوع ولكن في حالة وجود أى سكان فيجب أن يكونوا عرضة للمفادرة الفورية . وقد يعبر المنطقة طريق عريض - خط سكة حديد - أو ممر مائي بشرط ألا يكون قريبا جدا من المنشأة ولا يتدخل مع أو يمثل خطرا كبيرا للتشغيل العادى للمفاعل . وحتى وقبل تشغيل المحطة لابد من توفر خطط ملائمة لتنظيم المرور في حالة الطوارئ .

والهدف الأساسى من وجود المنطقة المقيدة هو تحديد الجرعات الاشعاعية التي قد يتعرض لها الافراد من خارج المحطة فى حالة حادثة غير عادية . ومثل هذه الحادثة يفترض أن تكون انصهار لقلب المفاعل مع اطلاق كميات كبيرة من نواتج الانسطار للبيئة .

ويختار نصف قطر المنطقة المقيدة بحيث أن الشخص

الموجود داخل اى نقطة على محيطها لساعتين بعد حدوث
الاطلاق الاشعاعى المفترض لا يتعرض حتى تحت الظروف
الجوية القاسية لجرعة جسم كليه تزيد عن ٢٥ ريم أو
تكون جرعة الغدة الدرقية لا تزيد عن ٣٠٠ ريم من
التعرض لنظير اليود المشع .

منطقة التخطيط للطوارئ

تحيط بالمنطقة المقيدة منطقة ذات كثافة سكانية منخفضة بحيث يكون عددهم الكلى والكثافة السكانية فى المنطقة بحيث يتوفر احتمال مقبول بعمل الاجراءات الوقائية لهم فى حالة حادثة كبيرة كالتفجير مثلا .

وكدليل لهذه المنطقة ينص جزء ١٠٠ من اللوائح الفدرالية الامريكية للطاقة بأن الفرد الموجود داخل اى نقطة على الحدود الخارجية للمنطقة ويبقى هناك خلال فترة مرور السحابة الاشعاعية الناتجة عن الحادثة الافتراضية (انصهار كامل لقلب المفاعل) ولا يزيد تعرضه للاشعاع عن ٢٥ ريم أو تزيد الجرعة للفرد الدرقية عن ٣٠٠٠ ريم . والغرض من الاجراءات الوقائية هو تقليل الجرعة الاشعاعية الحقيقية .

وفى تعديل حديث لهيئة التنظيمات النووية - عدل اسم المنطقة ذات الكثافة السكانية المنخفضة الى منطقة التخطيط للطوارئ الثابتة . وتحدد المنطقة بمسافة ثابتة لا تقل عن ١٦ كيلو متر (١٠ أميال) .

وهذه المنطقة يتوفر لها خطط للسلطات المحلية لتفجير الافراد .

المسافة من مركز سكاني

وتعرف بأنها المسافة من المفاعل الى اقرب حدود
لمركز سكاني كثيف يضم اكثر من ٢٥ ألف سساكن .
والمسافة من المركز السكاني الى قلب المفاعل تزيد مرة
وثلاث عن المسافة من المفاعل الى الحدود الخارجية للمنطقة
ذات الكثافة السكانية المنخفضة . وعندما يكون المركز
السكاني مدينة كبيرة يجب أن تكون المسافة أكبر .

ويرى كل من جلاستون وجورجن ١٩٨٢ أن الجرعة
للأفراد غير هامة في هذه المنطقة ولكن المهم هو الجرعة
للسكان وهي حاصل ضرب عدد الافراد في المنطقة المعرضة
والجرعة المتوسطة للفرد ويعبر عنها بوحدة رجل - ريم
أو رجل - سيفرت .

وفي التعديل المقترح للجزء ١٠٠ من لوائح هيئة
التنظيمات النووية الامريكية « تلقي مسافة من المركز
السكاني ويحل بواسطة حدود معينة على الكثافة السكانية
والتوزيع السكاني خارج المنطقة المقيدة والى مسافة ٣٢
كيلو متر (٢٠ ميل) » .

خطط الطوارئ

قبل حادثة جزيرة الثلاثة أميال الامريكية افترض أن الالتزام بالجزء ١٠٠ من لوائح هيئة التنظيمات النووية الامريكية والخاص بالموقع بالاضافة الى فلسفة الدفاع في العمق كافية لحماية الافراد من تأثير حادثة نووية كبيرة . واعتبرت خطط الطوارئ كاجراء ثانوى يتم فى حالة انطلاق كميات كبيرة من المواد المشعة بالمنطقة المحيطة .

ومن الخبرة التى نتجت عن حادثة جزيرة الثلاثة أميال الامريكية تبين ضرورة توفير اهتمام زائد الى الاستجابة لخطط الطوارئ . وعليه فان هيئة التنظيمات النووية الامريكية تطلب بالاضافة الى الاهتمام بالطوارئ الاشعاعية داخل موقع المحطة النووية على طالب الترخيض عمل الاجراءات اللازمة مع الجهات المسؤولة الخاصة بالاستجابة عند الحوادث التى قد تتضمن اطلاق مواد مشعة خارج موقع المحطة .

وتقسم خطط الطوارئ الى نوعين :

١ - خطط للطوارئ على موقع المحطة النووية وهذه
مستولية المشغل .

٢ - خطط طوارئ خارج موقع المحطة النووية
وهذه مسئولية السلطات المحلية .

خطط الطوارئ خارج موقع المحطة النووية

صدر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية توصيات خاصة بالتخطيط للاستجابة للحوادث الإشعاعية في المنشآت النووية خارج الموقع وذلك عام ١٩٨١ .

وأهم ملامح هذه الخطط ما يلي :

- ١ - التدريب .
 - ٢ - تناول اليود الوقائي .
 - ٣ - السيطرة على المداخل .
 - ٤ - التهجير .
 - ٥ - طرق وقاية الأفراد .
 - ٦ - إزالة تلوث الأفراد .
 - ٧ - الرعاية الطبية .
 - ٨ - تحويل مصادر الطعام والمياه .
 - ٩ - إزالة تلوث المناطق الملوثة .
- ويمكن تقسيم هذه الملامح في ثلاثة أطوار :

الطور الأول :

ويظل هذا الطور لعدة ساعات من بداية الحادثة ويتمثل
الخطر من إطلاق المواد المشعة في :

١ - استنشاق المواد المشعة .

٢ - التعرض للقيوم المشعة .

وتعتبر البنود الأربعة الأولى من الملامح هامة جدا مع
ضرورة استخدام طعام محفوظ (غير ملوث) .
كما تعتبر البنود الأربعة التالية هامة .

الطور الثاني :

ويتمثل الخطر في هذا الطور في الآتي :

١ - التعرض الخارجى من المترسبات الأرضية .

٢ - التعرض الداخلى من تنفس الجسيمات المتعلقة
المشعة .

٣ - التعرض الداخلى من هضم طعام ملوث حديثا
(مثل اللبن والخضروات والفواكه) والماء .

وقد تمتد هذه لمدة من عدة أيام الى عدة أسابيع بعد
الطور الأول .

وتعتبر البنود رقم ٣ ، ٤ ، ٧ ، ٨ من البنود الهامة
جدا مع ضرورة استخدام غذاء للحيوانات مخزون (غير
مشع) .

المرحلة المتأخرة :

حيث يكون الخطر ناتجا من استهلاك الطعام الملوث وتلوث البيئة • وقد يمتد هذا الطور من عدة أسابيع الى عدة سنوات بعد الطورين السابقين معتمدا على طبيعة الاطلاق •

وتعتبر البنود الأخيرة من اجراءات الوقاية هامة جدا مع ضرورة استخدام غذاء للحيوانات المخزن (غير ملوث) •

بالإضافة الى حادثة مفاعل جزيرة الثلاث أميال وحادثة تشير نويل والتي تم في كل منهما تهجير السكان توجد ظروف تشغيل غير عادية عديدة للمحطات النووية ينتج عنها تعرضات اشعاعية للعاملين داخل المحطة وكذلك اطلاقات للمواد المشعة للهواء والماء مما يؤدي الى تعرض الأفراد من الجمهور للاشعاع .

والمهتمون بالحوادث الاشعاعية لهم اختصاصات مختلفة فعلى سبيل المثال لا الحصر .

١ - الفزيائيون الاشعاعيون ويهتمون بتطور طرق قياس الجرعة الاشعاعية للأفراد من العاملين بالمحطة وكذلك الأفراد من الجمهور ويمكن تقسيم الاشعاع المؤين بالنسبة الى العاملين بالمحطة الى البيتروونات واشعة جاما واشعة بيتا . أما بالنسبة الى الأفراد من الجمهور فان الاشعاع المؤين يقتصر على أشعة جاما واشعة بيتا فقط . ولقد قام المؤلف (*) بتطوير العديد من الكواشف الاشعاعية لقياس الجرعات الاشعاعية للأفراد العاملين بالمحطة أو للأفراد من الجمهور . هذا بالإضافة الى تطوير طرق القياس حول

(*) نال المؤلف جائزة الدولة التشجيعية للفيزياء لعام ١٩٧٦ .

المصادر الاشعاعية عامة وحول القنوات الافقية والراسية
والعمود الحرارى للمفاعل المصرى .

٢ - خبراء الوقاية من الاشعاع والفيزيائيون
الصحيون يهتمون بتقدير الجرعة الاشعاعية ومعدلات
الجرعة خلال الحادثة وعليه اتخاذ الاجراءات الوقائية
اللازمة من تدريع - توزيع اقراص اليود - تهجير - تقبذ
الدخول والخروج وتوزيع أجهزة قياس الجرعة الشخصية
للأفراد واستلامها وعدها ثم حساب الجرعة السكانية
(رجل - ريم) وتقدير عدد الوفيات التي قد تنجم عن
الحادثة . ومتابعة الحالة بعد الحادثة. وذلك لتحديد
الاجراءات الوقائية الأخرى مثل ازالة تلوث الأفراد وتقدير
تحويل مصادر المياه والغذاء وأخيرا ازالة تلوث المناطق
الملوثة بالاضافة الى المستوطنين الآخرين .

٣ - الأطباء والمهتمون بصحة وبسلامة الأفراد ومتابعة
حالات الاصابة . وغالبا ما يتم توزيع الأفراد طبقا للجرعة
التي يتم تقديرها الى أفراد يتعرضون لجرعة اشعاعية أقل
من ٢٥ ريم وأفراد تعرضوا لجرعة اشعاعية تزيد عن ٢٥
ريم والآخرين لهم عناية خاصة وقد تتطلب متابعة يومية
ووضع النخاع العظمى واجراءات طبية خاصة ومستشفيات
خاصة لذلك .

٤ - الدفاع المدني والمساعدة في حالة توصيل المعلومات من مركز الطوارئ والذي يجتمع به خبراء الوقاية من الإشعاع وآخرين إلى الأفراد بالمنازل والإشراف على خطة التهجير والتأكد من استتباب الأمن بالمناطق .

٥ - الأرصاد الجوية لتحديد اتجاه الريح ومن ثم اتجاه انتشار السحب والغيوم المشعة .

٦ - الرعاية الاجتماعية للأفراد من الجمهور خلال وبعد الحادثة مع تقدير التعويضات الملائمة .

ومن أشهر حوادث المفاعلات النووية حادث جزيرة الثلاثة أفيال الأمريكية وحادثة مفاعل تشيرنوبل السوفياتية .

حادثة مفاعل « جزيرة الثلاثة أميال (*) »

تمت الحادثة بالوحدة الثانية من المحطة النووية بجزيرة
الثلاثة أميال بالقرب من هاريسبرج فى بنسلفانيا يوم ٢٨
مارس ١٩٧٩ والحادثة لها خطورة انصهار قلب مفاعل من
نوع مفاعل الماء المضغوط .

أدى خلل عابر (فقدان مصدر تغذية المياه الأساسى
الى مولد البخار) الى التشغيل الآلى لثلاث مضخات مساعدة
مباشرة . الا أن صمام السحب كان مغلقا وعليه لم تصل
مياه التغذية الى مولدى البخار . مع فقد المبرد الثانوى ارتفع
ضغط ودرجة حرارة نظام التبريد الأول . مما أدى الى
فتح صمام تقليل الضغط وذلك لتقليل ضغط البخار .

عندما هبط ضغط البخار الى منسوب آمن ، كان يجب
غلق الصمام آليا . ولكن لم يتم ذلك وعليه ظل الضغط
يهبط الى منسوب أدى الى بدء عمل نظام حقن المبرد
ذى الضغط العالى .

(*) قام المؤلف بإلقاء محاضرة يتسم الكيمياء النووية بميزة الطاقة
الذرية بعد عام من الحادث (١٩٨٠) .

ولقد فسر المشغل ارتفاع سريع فى مؤشر منسوب الماء المضغوط على أنها منسوب عال فى وعاء المفاعل . مع أن هذه لم تكن الحالة . وعليه أغلقت المضخات الخاصة بنظام الحقن بالمبرد ذى الضغط العالى يدويا .

ثم تدفق الميساء الجانبية الى مولدى البخار عن طريق فتح الصمامات وتم تشغيل نظام حقن بالمبرد ذى الضغط العالى كمحاولة لتعويض فقدان المبرد من خلال صمام الضغط المفتوح .

واعتمدت هذه المحاولة على مؤشر الضغط الخاطئ مع ان الماء ما يزال يفقد .

بعد ساعة وربع من بداية الحادثة تم توقيف مضختى المبرد الأولى بين المفاعل ومولد البخار لمنع الخطر من الاهتزازات الزائدة . وفى العادة يستمر التبريد بواسطة دوران الحمل المستمر ولكن لم يتم ذلك بواسطة فراغات فى النظام الأولى . كما أن هذه الفراغات كانت مسئولة عن الاهتزازات فى مضخات المبرد الأولى وعند هذه المرحلة كان قلب المفاعل قد تعرض الى زيادة كبيرة فى درجة الحرارة .

كان غطاء قلب المفاعل غير مغطى لساعة تقريبا . ومن المحتمل أن يكون قد تم انصهار لبعض الوقود . كما أن تفاعل الزركونيوم فى سبيكة الزركونيوم (التى تستخدم

لتغليف الوقود النووي) مع الماء أدى الى فشل الغطاء لجوالى ٩٠٪ من الوقود . وعليه فان الجزء العلوى من قلب المفاعل تحطم ووقع فى الفراغات بين قضبان الوقود، وعليه سبب خنق جزئى البخار والماء . هذا الخنق مع فقاعة هيدروجين كبيرة تكونت من تفاعل الزركنيوم مع الماء منعت تبريد قلب المفاعل بطريقة الحمل الطبيعى لمدة طويلة .

مع ما تم لقضبان الوقود النووى أى فشل التغليف ثم دخول كميات كبيرة من المواد المشعة الى مياه التبريد . وتدفق الماء الملوث والبخار خلال صمام ضغط الراحة الى خزان فى الوعاء الكبير . وعندما وصل الضغط فى الخزان الى منسوب التصميم أدى شرح بالقاعدة الى إطلاق الماء الى وعاء آخر .

انتقلت المياه من الوعاء الآخر الى خزان الفضلات المشعة فى مبنى مجاور . وهربت بعض الغازات المشعة الى البيئة ولكن الكمية كانت صغيرة نسبيا . وأن الإطلاق الرئيسى للمواد المشعة كان عن طريق المياه . وانطلق الى الجو أيضا غاز الكربتون والزينون المشعان .

ومن خلال القياسات التى تمت بعد عدة أيام من الحادثة اتضح أن التأثير على صحة الأفراد أقل ما يمكن ومن المتوقع وفاة حالة أو اثنين بالسرطان المتأخر قد تتم خلال سنوات قادمة .

ولقد تم التوصل الى أن حادثة مفاعل جزيرة الثلاثة
أميال كانت نتيجة :

- ١ - عيوب فى التصميم .
- ٢ - اجراءات غير مناسبة .
- ٣ - خطأ المشغل .

والدروس المستفادة من حادثة مفاعل جزيرة الثلاثة
أميال الأمريكية عديدة وأدت الى مقارنة بين القيم النظرية
للمصدر (*) الذى تفترض عند التصميم وبين لقيم الواقعية
من القياسات التى تمت فى الحادثة والى وضع قيود وضوابط
لاختيار المشغلين والأخذ فى الاعتبار أخطاء المشغلين
للمحطات النووية .

كما كان لهذه الحادثة أثر كبير على الصناعة النووية
فى أمريكا وفى دول أخرى . والى اليوم لا يزال هذا
المفاعل الذى تمت به الحادثة مغلقا وتتم عمليات ازالة
التلوث بالمباني .

(*) يقصد بالمصدر النشاط الاشعاعى الكلى بداخل قلب المفاعل .

حادثة مفاعل تشيرنوبل

مع أن مفاعل الأبحاث المصرى سوفياتى الأصل الى أن تصميمه يختلف عن تصميم مفاعل تشيرنوبل سوفياتى . والمفاعل الأخير يشابه أول محطة طاقة ذرية فى العالم . والأخيرة بدأت التشغيل فى بلدة أوبننسيك فى يونيسو ١٩٥٤ . وكان مصدر الحرارة فى محطة القدرة مفاعل حرارى مصمم كمنشأة تجريبية وذات حجم صغير وتم ذلك بواسطة اثراء اليورانيوم - ٢٣٥ الى نسبة ٥ ٪ .

واستخدم الجرافيت كمهدى للنيوترونات والماء كمبرد واستخدم الصلب الذى لا يصدأ كوعاء لقلب المفاعل . وكان المفاعل عبارة عن تكوين اسطوانى من قوالب الجرافيت بكتلة ٥٠ طن بداخل وعاء من الصلب الكربونى بقطر ٣.٢ متر وسمك حائط ١.٥ سم .

وتبلغ درجة حرارة الجرافيت العظمى عند تشغيل المفاعل ٨٠٠ درجة مئوية ولمنع الجرافيت من التأكسد يملأ الوعاء بغاز الهليوم أو النيتروجين .

يوجد اليورانيوم الذى يعمل كقلب المفاعل بالجزء

الأوسط من الجرافيت ويعمل باقى مكعبات الجرافيت كماكس
للنيترونات .

وبلغت قدرات المحطة الأولى ٣٠ ميجا وات فى عام
١٩٥٤ .

ولتدريج المحطة استخدمت طبقتان الأولى سمكها متر
واحد من الماء ثم الطبقة الثانية من الخرسانة الثقيلة
(٢٢٠ جم/سم^٣) وبسمك ثلاثة أمتار . ويبلغ قطر
المفاعل بالتدريج ١٢ متر والارتفاع ١٢ متر أيضا .

وفى عام ١٩٦٤ عدل تصميم المفاعل السابق الى قدرة
أكبر حيث بلغت القدرة الجديدة ٢٨٥ ميجا وات بالنسبة
المفاعل الذى بنى فى مدينة أورالس . وفى المنشأة التالية
من نفس التصميم ارتفعت القدرة الى ٥٠٠ ميجاوات .

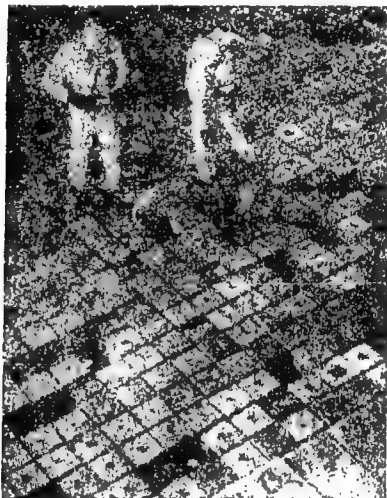
وبعد مرور أكثر من سبعين يوما على الحادثة التى تمت
بالمفاعل السوفياتى علمنا بوقاة أكثر من عشرين شخصا
وأن حوالى ٣٠٠ شخص تحت العلاج ومئات الآلاف هجروا
مساكنهم . ومن ذلك يتضح أن حادثة المفاعل الروسى أكبر
بكثير من حادثة المفاعل الأمريكى .

اعلان حادثة مفاعل تشيرنوبل

وقعت الحادثة بعد منتصف ليلة ٢٦ أبريل ١٩٨٦ . ولم تعلن السلطات السوفياتية عن الحادثة الا يوم ٢٨ أبريل بعد أن أكدت أجهزة قياس الاشعاع الموزعة حول إحدى محطات القدرة النووية في السويد وجود زيادة غير عادية في المنسوب الاشعاعي ولقد ظن أن هذه الزيادة تعود الى خلل في محطاته النووية - الا أنه بعد التأكد من عدم وجود خلل بالمحطة ومن خلال قياس التوزيع الاشعاعي بالمنطقة ومعرفة اتجاه الريح أعلن بالسويد أن هذه الزيادة تعود الى وجود سحابة اشعاعية مصدرها الاتحاد السوفيتي .

وفي الثامن والعشرين من ابريل ١٩٨٦ أعلن الاتحاد السوفيتي رسميا أن حادثا قد وقع في أحد المفاعلات النووية في تشيرنوبل والتي تقع على بعد ١٣٠ كيلومتر شمال مدينة كييف بجمهورية أوكرانيا السوفيتية . وأن الحادث وقع في أحد أركان الوحدة الرابعة (من المفاعلات) وأدى الى هدم جزء من المفاعل والاضرار به وأدى الى تسرب بعض المواد المشعة .

ويوضح الشكل الآتي سقف المفاعل الروسي
الذي حلت به الحريق .



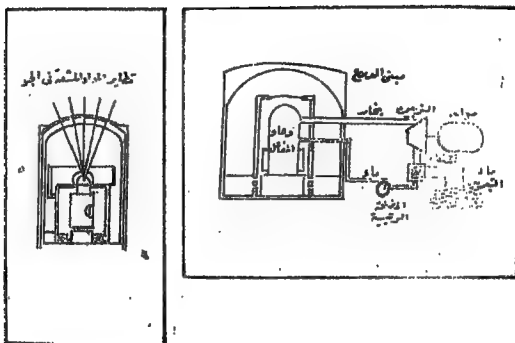
شكل (١٨) في هذه البقعة التي يشير إليها العامل .. يقع القطع الذي
أتى ال ولوع الانفجار .. انه الجزء المصدود من المعلومات التي تسربت
عن أسباب حدوث الانفجار .

الحادثة

ولتوضيح الفرق بين المفاعل السوفياتى والمفاعلات الأمريكية - ففي المفاعلات الأمريكية يوضع الوقود النووى داخل قضبان فى حوض كبير من الماء بداخل وعاء من الصلب (وعاء) والحرسانة ، وفى محطة تشيرنوبل كل قضيب من الوقود النووى وعددهم ١٦٩٣ موضوع داخل أنبوبة منفصلة مملوءة بالماء داخل مكعبات من الجرافيت - وكل ذلك داخل مبنى بدون أى وعاء حار خاص • ويبلغ ارتفاع المفاعل ٧ أمتار وقطره ١٢ متر •

وتعرف حالة انصهار قلب المفاعل بأنها الحالة التى تحدث عندما ينصهر الوقود النووى • ويبدأ الانصهار عندما يفشل نظام تبريد المحطة أو تفشل الأجهزة التى تسيطر على التفاعلات النووية • وفى المحطة النووية السوفياتية يساعد الجرافيت على السيطرة على التفاعلات النووية عن طريق امتصاص النيوترونات التى تعمل على بدء التفاعلات النووية بالمحطة •

ويفسر اندلاع الحريق بمحطة تشيرنوبل بأنه عندما يكون الوقود ساخناً جداً فيتكسر ويهرب من



شكل (١٩)

مسودة اجمالية للمفاعل تشير لوبل توضح الخطة الرئيسية التي تطلبت عن العمل بسبب توقف التيار الكهربائي عن المحطة مما أدى الى ارتفاع درجة حرارة الوقود النووي والفجاء للمفاعل (★) .

شکل (۲۰)

النفجار الجزء العلوي من المفاعل وتصدع القبة الوافية للمفاعل وتطاير المواد المشعة في الجو كما حصل في حادث انفجار مفاعل تشيرنوبل الروسي .

(*) من مقال د. توفيق القصير - الرياض في ١٩٨٦/٥/٢١

٢ - توليد الأسلحة النووية •

وقد يظن أن عدم وجود مبنى حاو للمفاعل

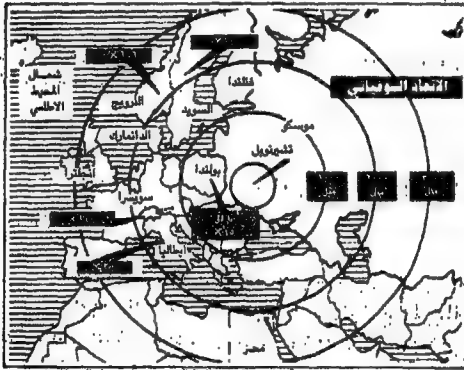
الآتى :

١ - افتراض عدم حدوث حادثة من هذا النوع •

٢ - ضخامة المبنى حيث أنه مكعب هائل يحتوى على

عدة آلاف من الأطنان من الجرافيت بداخلها قلب مفاعل

٢٥ قدم \times ٣٤ قدم فى الوسط •



شكل (٢١) عن مجلة الخرس والوطنى ومضائق ١٤٠٦هـ



شكل (٢٢) خريطة تبين مواقع تسرب الإشعاع النووي ثم مناطق
التساربه - مجلة الحرس الوطني - رمضان ١٤٠٦ هـ

وقد تم قياس التركيز الإشعاعي بالعالم خلال الأيام
الأولى من الحادثة •

وعموما فإن الأفراد من الجمهور يتعرضون الى جرعة
اشعاعية سنوية مقدارها ١٠٠ ملي ريم • وتوضح الخريطة
المرفقة معدل التوزيع الإشعاعي شكل (٢١) حيث بلغ أكثر
من عشرة أضعاف المستوى العادي في بولندا والسويد
وسويسرا • هذا ولقد سجلت المراسد الإشعاعية انخفاض
في التركيز الإشعاعي مع الزمن بعد الحادثة •

ولقد ذكرت بعض التقارير التي أعلنت أن سبب الكارثة يرجع الى خلل مفاجيء في الطاقة الكهربائية وتم تشغيل مولد طوارئ للطاقة الكهربائية على الفور الا أن ذلك كان عديم الجدوى . وعليه توقفت مضخة التبريد الرئيسية في المفاعل عن العمل ولم تعمل المضخة الاحتياطية . مما أدى الى زيادة حرارة المفاعل وانصهار الوقود واحتراق الجرافيت وصعود النيران .

وكذلك ذكرت التقارير (*) أن الرياح التي كانت سائدة في منطقة المفاعل الروسى رياح جنوبية شرقية الى شرقية في طبقات الجو السفلى وغربية في طبقات الجو العليا مما دفع الملوثات النووية من منطقة الانفجار في اتجاه الشمال الغربى والغربى . وأن الرياح السائدة في المنطقة الغربية في طبقات الجو العليا غربية وفي طبقات السفلى تآثر الطقس بانخفاضات البحر المتوسط وتحركات منخفض السودان الأمر الذى يجعل الرياح السطحية جنوبية وبالتالي تكون أجواء المنطقة بمنأى عن التلوث الذرى .
انظر شكل (٢٢) .

وذكرت التقارير السوفياتية أن الحياة عادية خارج المنطقة المقيدة ٣٠ كيلومتر . ولاطفاء الحريق قامت وحدات من الجيش السوفياتى بإسقاط زمل مبلل ورصاص والبورون

(*) الاستعداد عيسى ضائع فتاوى - مكاف ١٩٨٦/٥/٥

الماص للنيوترونات بالطائرات العمودية على موقع المحطة .
 وأن المقيمين داخل المنطقة المقيدة هم من العسكريين لحراسة
 المصانع والمباني السكنية والممتلكات الخاصة وهم يرتدون
 الملابس الواقية طول الوقت . كما تم عمل تدريع خرساني
 أسفل وحول المحطة وبعد انخفاض درجة الحرارة بقلب
 المفاعل الى درجة حرارة الغرفة ثم تغطية سقف المحطة
 بالحرسانة .



شكل (٢٣) رجال الطوارئ في ألمانيا الغربية بالتمتعهم الواقية من الاشعاع
 يقومون بتطهير إحدى السيارات القادمة من ألمانيا الشرقية كالأدوية للتلوث
 النووي بعد كارثة مفاعل تشيرنوبل السوفيتي .

شكل (٢٣) يوضح ازالة تلوث سطح سيارة وشكل (٢٤) يوضح كيفية
اجراء القياسات الاشعاعية لظفل روسي مهجر . كما يوضح شكل (٢٥)
جهاز قياس تركيز الاشعاع بالتربة .



شكل (٢٤) فني سوفياتي يقوم بفحص مستوى الاشعاع عند ظفل من
المهجرين من منطقة الكارثة .

وأعلن المسئول السوفياتي بوريس يسين في ٥ مايو ١٩٨٦ أنه قد تم إيقاف التفاعلات النووية وأن النشاط الإشعاعي يرجع الى نواتج الانشطار النووي وأن معدل التعرض يقل عن ٢٠٠ روتنجون في الساعة . وبفعل اسقاط الرمل المبلل والرصاص والبورون انخفض معدل التعرض الى المنسوب بعد عدة أيام .

وتدل التقارير الواردة من أوروبا - اندفاع الأفراد لشراء مشتقات اليود من الصيدليات مما أدى الى نقصه وكذلك الى الاعلان أن تناول اليود غير مفيد في حالة النشاط الإشعاعي المنخفض . هذا ولقد بلغ أقصى معدل للتعرض في يولندا الى ٥ ملي ريم لكل ساعة وفي السويد ١٥ ملي ريم لكل ساعة وفي فنلندا وإيطاليا وأخذ ملي ريم لكل ساعة .

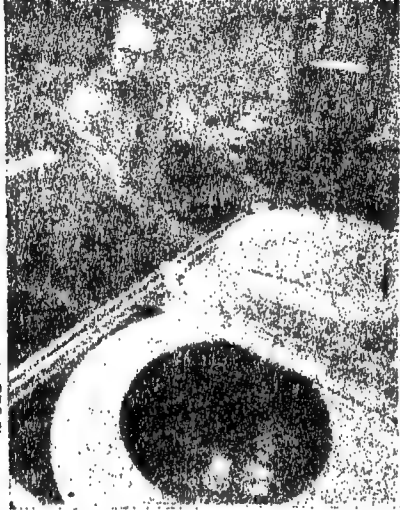
هذا ولقد تشكلت بهيئة الطاقة الذرية لجنة الطوارئ (١) لبحث آثار الحادث النووي للمفاعل الذري السوفيتي . وفي ١٥/٥/١٩٨٦ أصدرت المملكة العربية السعودية (٢) تدابير وقائية تتضمن حظر استيراد المواد والمنتجات الغذائية من الدول الملوثة بالإشعاع النووي . كما أصدرت الدول العربية قرارات بشأن حظر استيراد المواد والمنتجات الغذائية من دول الكتلة الشرقية .

(١) الأوامر - ١٩٨٦/٥/٨

(٢) الشرق الأوسط - ١٩٨٦/٥/١٥

هذا ولقد تم اعدام كميات كبيرة من اللحوم في الأردن •
وتطلب الدول العربية حالياً شهادة من المصدر بخلو المواد
الغذائية من المواد المشعة • وتقوم حالياً معظم الدول العربية
بشراء (استيراد) أجهزة خاصة بعمليات الكشف عن
الاشعاع بالمواد الغذائية وأجهزة كشف التلوث الإشعاعي •
وختاماً فقد عقد الاجتماع الأول للجنة الرصد الإشعاعي
بالاردن خلال الأسبوع الأول من يوليو ١٩٨٦ وضمنت في
عضويتها ممثل عن الأردن وممثل عن مصر وآخر عن سوريا
هذا بالإضافة الى ممثلين عن العراق والسعودية وذلك لمتابعة
تركيز الاشعاع بالهواء والماء والسلسلة الغذائية في
المنطقة • هذا والغيوم الاشعاعية تحتوى على ٩٠٪ من غاز
اليود - ١٣١ المشع و ١٠٪ من السيزيوم المشع وبلغ أقصى
تركيز لليود في التربة في السويد والمجر حيث بلغ
٥ ميكروكوري في الستيمتر المربع •

وفي أوروبا وخلال الأسبوع الثاني من الحادثة اهتم
الأفراد من الجمهور بشراء أجهزة قياس الاشعاع للتحاكي من
خلو المواد الغذائية من المواد المشعة وأدى ذلك الى انتهاء
المخزون من هذه الأجهزة • ويرجع تلوث المواد الغذائية الى
سقوط الأمطار بدرجة كبيرة والى تساقط الغبار •



شكل (٢٥) احد خبراء المعهد القومي للحماية من الاشعاع في فنلندا
يستعد لاختبار نسبة الاشعاع في عينة من التربة بالعاصمة الفنلندية
هلسنكي .

ولا جدال في أن خادنة حريق مفاعل تشيرنوبل
الروسي أوضح أن العالم وحدة واحدة وأن ما حدث في كيف
تأثر به جميع سكان أوروبا نفسيا وإشعاعيا . هذا ولقد قام
المسؤولون بالوكالة الدولية للطاقة الذرية بزيارة لموقع
المحطة النووية . كما وافق الاتحاد السوفيتي على إصدار
تقارير يومية عن التركيز الإشعاعي .

كما استعانت السلطات الروسية بالطبيب الأمريكي
روبرت جال المتخصص في زراعة النخاع العظمي . حيث
عالج عدد من المصابين في موسكو . وكما ذكر العالم
المصري د . محمد كمال الفمراوى (*) أن هذا النوع من
العمليات التي يجب أن تتوفر فيها استعدادات خاصة حيث
يسحب النخاع للمريض ويحقن بنخاع عظمي سليم
ويترك المريض في غرفة معقمة لمدة أسبوع يتم خلالها
تكوين خلايا الدم .

هذا ولقد ذكر أن عدد العاملين بالمحطة النووية لحظة
اندلاع الحادث بلغ ٢٠٤ وأنهم حصلوا جميعا على جرعات
إشعاعية حيث أنهم اشتركوا في مكافحة الحريق . هذا
ولقد أعلن (**) د . روبرت جال عن وفاة ١٣ فرد وإصابة
٢٩٩ آخرين بعد ٣ أسابيع من اندلاع الحادث .

(*) الاحرام ١٩٨٦/٧/٨

(**) الجزيرة ١٩٨٦/٥/٢٠

هذا ولقد اعلن بعد مرور أكثر من سبعة عشر يوم على
الحادثة حدوث شرج في ماسورة المياه المشعة أسفل المحطة
النوية مما أدى الى تسرب المياه المشعة بمعدل يصل الى
١٠ لتر في الثانية وأنه لم يتم السيطرة على الموقف الا بعد
المحاولة الرابعة وأن تسرب هذه المياه قد يصل الى المياه
الجوفية .

ولا جدال في أن التقرير النهائي للحادثة سيعدده
المتخصصون في الإتحاد السوفيتي وفي الوكالة الدولية
للطاقة الذرية .

حوادث نووية اخرى

أعلن عن إطلاق ٥٠٠ كيلوجرام (سحابة) من الغازات المشعة الى الجو في إنجلترا من خلال وحدة القدرة النووية دونجنس في كنت . وحدثت الحادثة حينما قام الفنيون بإحلال جزء في نظام تبريد الغاز لمفاعل مجنوكس-٢ ولقد تم هذا الإطلاق في ٣١ مارس ١٩٨٦ ولم يعلن عنه الا في ٤ مايو من نفس العام(*) . وخلال معالجة حادثة مفاعل جزيرة الثلاثة أميال وبعد سنتين من الحادثة أطلق الى الجو ٤٥ ألف كورى من الكربتون - المشع (غاز) الى الجو . كما أعلن عن حادث نووى آخر عند اجراء تفجير نووى (**) يوم ١٠/٤/١٩٨٦ في صحراء نيفادا أدى الى تسرب اشعاعات نووية في المنطقة وترحيل ٥٠٠ مهندس .

ويعلن بمجلة الأخبار النووية والتي تصدر عن الجمعية الأمريكية النووية عن حوادث المحطات النووية شهريا . وطرق حماية الأفراد منها . ففي الاعلان دروس علمية يستفاد منها لمواجهة الحوادث مستقبلا . ومما هو جدير

(*) جريدة Observer ١٩٨٦/٥/٤ .

(**) الامرام ١٩٨٦/٥/١٦ .

بالذكر أن المحطات النووية تطلق مواداً مشعة بالبيئة خلال تشغيلها العادي . وفي العادة يتم سحب الغازات المشعة وكذلك المياه المشعة الى خزانات وتترك بها فترة كافية وذلك لتقليل النشاط الإشعاعي بفعل الزمن ثم تطلق الى البيئة بمعدلات مجسوبة بحيث يكون تأثيرها على الإنسان والبيئة لأقل ما يمكن . ويتم ذلك من خلال مراقبة الهيئات المحلية والقومية وبعد موافقتها .

في بداية الستينيات اهتم العلماء بتأثير الاشعاع على المواد ومن بين هؤلاء العلماء الدكتور عدلى بشاى الاستاذ بالجامعة الأمريكية بالقاهرة ولهذا فقد تم استيراد وحدة كوبالت مشع من الطاقة الذرية الكندية وكانت قوة المصدر (النشاط الاشعاعى) ١٠٠٠ كورى عند وصول الوحدة منذ خمسة عشر عاما . وهذه الوحدة مدرعة بالرصاص الكافى لتوهين الاشعاع الى مستوى اشعاعى منخفض ويسمح بالعمل حوله لفترات تصل الى ثمان ساعات يوميا هذا بالإضافة الى وجود مميزات لتحديد زمن تعرض المواد لأشعة جاما .

ونظرا لتغير الاهتمامات بالجامعة الأمريكية بالقاهرة فلقد تركت وحدة الكوبالت المشع فى غرفة كمخزن (*) . ولحاجة جامعة القاهرة لمثل هذا المصدر فقد تمت الموافقة على نقل وحدة الكوبالت الى جامعة القاهرة ولكن بعد ١٥ عاما من وصول المصدر الى الجامعة الأمريكية بالقاهرة :

(*) تكللة إعادة المصدر الى يلهذه الأصلنى بأهظة .

ومن المعلومات السابقة بالكتاب (الفصل السابع)
يمكن استنتاج التالى :

١ - وحدة الكوبالت - ٦٠ عبارة عن وعاء رصاص
يحتوى على مجموعة من المصادر المشعة • كل مصدر عبارة
عن اسطوانة على شكل ابرة مصنوعة من الكوبلت - المشع •
ارجع الى شكل (١٣) •

٢ - مصدر عن الكوبالت - المشع اشعاعات مؤينة •
وللكوبالت نظائر عدة فهناك كوبالت - ٥٧ ويتميز بصغر
نصف عمره والكوبالت - ٦٠ ويتميز بطول نصف عمره
النسبى (٢٦٥ سنة) •

٣ - مصدر عن الكوبالت - ٦٠ شعاعان لكل تحول
نوى • وهناك فوتون بطاقة ١٣٣٢ مليون الكترون فولت
وهناك فوتون آخر بطاقة ١١٧ مليون الكترون فولت
أى أن الطاقة المتولدة لكل تحول نوى = ٢٥ مليون
الالكترون فولت •

٤ - ثابت جاما للكوبالت - ٦٠ = ١٢٩ رونتجين
لكل ساعة لكل كورى على بعد متر •

وعليه فان معدل التعرض للمصدر عندما استلمته
الجامعة الأمريكية بالقاهرة (منذ ١٥ عاما) = ١٢٩٠
رونجتون لكل ساعة وهو غير مدرع •

ومعدل التعرض لنفس المصدر عندما استلمته جامعة القاهرة في عام ١٩٨٦ $= \frac{1}{8}$ معدل التعرض لنفس المصدر عندما استلمته الجامعة الأمريكية بالقاهرة (١٩٧١) وهو غير مدرع .

وهو يساوى $\frac{1}{8} \times ١٢٩٠ = ١٦١٢٥$ رونتجون لكل ساعة على بعد متر .

وذلك لأن قوة المصدر تقل الى النصف كل فترة نصف عمر ونظرا لانقضاء ١٥ سنة أى ثلاثة أنصاف أعمار فإن قوة المصدر تقل الى الثمن تقريبا .

٥ - وعليه يكون معدل التعرض على بعد ٥ متر من المصدر وبدون تدريع يبلغ ٤٪ فقط من معدل التعرض على بعد متر تحت نفس الظروف السابقة يبلغ $١٦١٢٥ \times \frac{1}{5}$ = ٦٤٥ رونتجون لكل ساعة على بعد متر والمصدر غير مدرع بالرصاص .

٦ - ونظرا لأن المصدر مدرع بالرصاص . ونظرا لأن سمك العشر (*) للكوبالت - ٦٠ = ٤ سم من الرصاص .

وعليه فإن معدل التعرض للوحدة وعلى بعد متر وفى وجود درع من الرصاص :

(*) ارتفع الى تعريف سمك العشر فى خاتمة الفصل الرابع .

= ١٦١٢٥ رونتجون لكل ساعة في وجود ٤ سم
رصاص

= ١٦١٢٥ رونتجون لكل ساعة في وجود ٨ سم
رصاص

= ١٦١٥ رونتجون لكل ساعة في وجود ١٢
سم رصاص

= ١٦١٣ رونتجون لكل ساعة في وجود ١٦
سم رصاص

= ١٦١٣ رونتجون لكل ساعة في وجود ٢٠
سم رصاص

= ١٦١٠ رونتجون لكل ساعة في وجود
٢٤ سم رصاص

أي ١٦١٥ ميكرو رونتجون لكل ساعة

٧ - وعليه يكون معدل التعرض للوحدة على بعد
٥ أمتار وفي وجود ٢٠ سم من الرصاص = ٦ ميكرو
رونٲجون لكل ساعة (أقل من معدل التعرض للإشعاع
الطبيعي) .

٨ - بهذا ولقد دلت القياسات الإشعاعية على سطح

الوحدة بأن أقصى معدل التعرض = 0.5 r في رونتجون لكل ساعة .

ولتفسير القراءة السابقة تبين أن سمك الرصاص أقل من ٢٥ سم لأن القياسات تمت على مسافة أقل من متر .

٩ - ولأن وحدة الكوبالت على شكل اسطوانى يكون معدل التعرض أقصى ما يمكن بالمنتصف ويقل كلما بعدنا عنه وذلك لأن المسافة التى يجب أن يعبرها شعاع تزيد وعليه يتم تقليل للأشعة الصادرة من المصدر والعابرة إلى الأفراد .

نقل الوحدة

تم نقل الوحدة دون اتخاذ الإجراءات اللازمة وهي أخذ موافقة وزارة الصحة وهيئة الطاقة الذرية . ويقوم الفنيون بقسم الوقاية بهيئة الطاقة الذرية بذلك ولكن تحت اشراف أحد أعضاء هيئة التدريس من قسم الوقاية . ووضعت الوحدة باحدى غرف كلية العلوم بالجامعة كما تم وضع علامات ارشادية على باب الغرفة تفيد وجود مصدر مشع بها . الا أن هذه العلامات الارشادية كانت من الورق الذى يسهل انتزاعه ولهذا فقدت العلامات .

الحادثة

خرجت وحدة الكوبالت المشع من الغرفة خلال
الأسبوع الأول من شهر مايو ١٩٨٦ • وظل المصدر المشع
بمستوى درجه الوقى • واكتشف وجود الوحدة خارج الغرفة
بعد ثلاثة أسابيع •

• هذا ولقد تم عمل قياسات اشعاعية دلت على أن أقصى
معدل تعرض على سطح هذه الوحدة = ٥٠ ر. مل رونتجن
لكل ساعة • كما تم عمل حاجز (كردون) حول المصدر
نصف قطره ٥ أمتار •

هذا ويحتمل تعرض عدة مئات من الطلبة والطالبات
لأشعاع هذه الوحدة خلال وجود الوحدة خارج الغرفة •

بعد أن قامت لجنة من هيئة الطاقة الذرية ووزارة
الصحة وجامعة القاهرة بدراسة الموضوع تقرر نقل وحدة
الكوبالت المشع الى هيئة الطاقة الذرية لحين اعداد مكان
لائم لها •

لتحديد الضرر الناجم من هذه الحادثة ولأغراض الوقاية
من الأشعاع يمكن تصنيف الضرر الى ضرر فردى وضرر
جماعى •

السلامة الاشعاعية - ١٩٣

١ - ضرر فردي :

نفترض طالبا كان ملاصقا للوحدة لمدة ٨ ساعات يوميا ولمدة ثلاثة أسابيع عند منتصف الوحدة (أقصى تعرض)

يكون التعرض الكلي $= \frac{1}{4} \times 8 \times 30 = 12$ ملي رونتجون هذا مع العلم بأن الفرد العادي يتعرض الى ٠.٠٠١ ملي رونتجون في السنة وعليه تزيد احتمال الإصابة بالسرطان من واحد في المائة ألف من الاشعاع الطبيعي الى ١١ في المليون

٢ - ضرر جماعي :

نفترض وجود ألف شخص ملاصقين للوحدة لمدة ٨ ساعات يوميا ولمدة ثلاثة أسابيع عند منتصف الوحدة (أقصى معدل تعرض)

يكون التعرض الكلي لهم جميعا $= 12 \times 1000 = 12000$ رجل - رونتجون

ومن البيانات سالفة الذكر بخصوص الخطر الاشعاعي بالفصل الأول . واحتمالات الوفاة .

١ - احتمال وفاة فرد واحد نتيجة ملاصقته للوحدة
 ٨ ساعات لمدة ٣ أسابيع = $12 \times 10^{-3} \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-7}$

أى واحد فى المليون .

٢ - احتمال وفاة فرد واحد من ألف نتيجة ملاصقتهم
 جميعا للوحدة ٨ ساعات يوميا لمدة ٣ أسابيع (فرض مبالغ
 فيه لصعوبة تحقيقه)

$$12 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-3} \times 10^{-7}$$

أى واحد فى الألف .

٣ - الا أنه بالواقع يقل الاحتمال الى واحد فى المائة ألف
 لأن زمن التلاصق أقل بكثير من ٨ ساعات يوميا لمدة ثلاثة
 أسابيع ولأن ١٠٠٠ شخص مثلا لا يمكن أن يكونوا بنفس
 النقطة فى نفس الوقت . والضرر الذى وقع نتيجة هذا
 الحادث هو ضرر نفسى جماعى .

التعليق

وإذا كان لى تعليق على حادثة وحدة الكوبالت - المشع
التي تمت بجامعة القاهرة فهو الآتى :

١ - كان يجب على الجامعة الأمريكية بالقاهرة التخطيط
السليم بشأن كيفية التخلص من المصدر المشع قبل
استيراده من خمسة عشر عاماً .

٢ - كان يجب الاتصال بوزارة الصحة وهيئة الطاقة
الذرية وترتيب اجراءات نقل المصدر وأخذ الموافقات
الرسمية .

٣ - كان يجب على جامعة القاهرة اعداد المكان الملائم
لتشغيل وحدة الكوبالت المشع وليس المكان الملائم لتخزين
الوحدة .

٤ - كان يجب التأكيد يوميا من وجود اشارة
الاشعاعات المؤينة بالغرفة والتأكد من أن وحدة الكوبالت
المشع بها . وهذه من واجبات أمن الكلية .

٥ - الضرر (كما اتضح من الحسابات الأولية) للفرد
لا تزيد عن الواحد فى المليون أى $\frac{1}{1,000,000}$ من الضرر الناجم
عن الاشعاع الطبيعى .

٦ - الضرر على الأفراد يزيد بزيادة عددهم - وعلينا أن نتجنب التجمهر في حالات الاشعاع كما هو الحال في حالات أخرى كالخريق مثلا .

٧ - الضرر الذي وقع هو ضرر نفسى - أصاب الطلبة خلال فترة امتحانهم وكان يمكن تجنبه ، باتخاذ الاجراءات السليمة من قبل ادارة الجامعة .

٨ - كما وقع ضرر نفسى على الأفراد من قبل رجال الاعلام وذلك لاستخدام لفظ - قنبلة الكوبالت - وهو لفظ خاطئ علميا . لان القنبلة تنفجر أما الوحدة الخاصة بالحادث فهي لا تنفجر . الا أنه في حالة الحروب - يوجد ما يعرف بقنبلة الكوبالت حيث تتكون من الكوبالت المشع في صورة مسحوق بقلب القنبلة وهذا المسحوق مشع وعند انفجار القنبلة ينتشر في الهواء والماء والمواد الغذائية مسببا تلوث داخلي وتلوث خارجي وتعرض اشعاعى هائل . حتى القنابل الكوبالتية المشعة يوجد قواعد واجراءات خاصة بها :

١ - لعبور منطقة التلوث وذلك باستخدام الملابس الواقية والأقنعة الواقية ويفضل أن يتم ذلك بواسطة المدرعات .

٢ - ازالة تلوث منطقة التلوث وتتطلب زمنا طويلا لتقليل كمية الاشعاعات بالمنطقة أو تقليب الأرض كما سبق ذكره مع استخدام مواد كيميائية خاصة .

وفي اختتام فان استخدام الاشعاعات المؤينة له فوائد عديدة وعلى سبيل المثال لا الحصر علاج الأورام السرطانية وتشخيص الأمراض المختلفة والكشف عن عيوب المواد وتعقيم المواد الطبية وحفظ الأغذية ومتابعة العمليات الكيميائية والكشف عن البترول والماء وكذلك في مجالات أخرى منها الدراسات والبحوث العلمية .

ولا يمكن تجنب هذه الاشعاعات المؤينة لأنها موجودة بالطبيعة في الهواء والماء والمواد الغذائية ولكن بكميات متناهية في الصغر وتصل اليها من الأشعة الكونية كما تنطلق من التليفزيون وأجهزة العرض وتوجد في بعض المجوهرات وحتى في زجاج العدسات . كما أننا نتعرض لجرعات اشعاعية زائدة عند السفر بالطائرات وذلك لزيادة كمية الاشعاعات المؤينة مع الارتفاع عن سطح البحر .

ومع استخدام الاشعاعات المؤينة تقع حوادث ومن خلال تفهم الحادثة نتجنب حوادث مثلها . والحوادث تقع بالدول المتقدمة والدول النامية أيضا .

وكما ذكر د . جابر حسيب (*) أن حادثة ممثلة

(*) الامام في ١٩٨٦/١/٤ .

وقعت في المكسيك عام ١٩٨٣ عندما بيعت وجبة كوبالت مشع الى تاجر خردة وأدت الى تعرض ٢٨ فرد في المكسيك لجرعات تتراوح بين ١٠٠ و ٣٠٠ ريم وأرجعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية هذه الحادثة الى عدم تنفيذ تشريعات الوقاية من الاشعاع بالمكسيك بالكفاءة المطلوبة .

الجديد في مجال انفجار مفاعل تشرنوبل

بعد أكثر من سبعة شهور على انفجار مفاعل تشرنوبل - اتضح أن السبب الرئيسى لهذا الانفجار هو خطأ بشري ولقد سبب هذا الحادث نكسة للصناعة النووية العالمية وكذلك تأجيل مرة أخرى للبرنامج النووى المصرى مع اعادة دراسته مرة أخرى على ضوء ما حدث فى مفاعل تشرنوبل . وكما سبق ذكره فإن البرنامج المصرى يتضمن بناء ثمان محطات قدرة نووية لتوليد الكهرباء قدرة كل منها ألف ميغا وات .

هذا ولقد دلت القياسات الاشعاعية على أن السحابة الاشعاعية لا تعرف الحدود الجغرافية بين الدول . ويمكن اعتبار هذه الحادثة بمثابة تفجير نووى بالقرب من سطح الأرض ثم فى منطقة أهلة بالسكان . ومن حسن الطالع (١) أن هذا الانفجار تم بعد منتصف الليل ومعظم السكان داخل منازلهم وكذلك انتشار السحابة الاشعاعية بقوة ضغط الانفجار رأسياً الى أعلى وانتشرت السحابة

(١) د . محمد أحمد جمعة ، البعد الرابع لانفجار مفاعل تشرنوبل - الفرق الأوسط - ١٩٨٦/١٢/٥ .

الاشعاعية بواسطة الرياح الى معظم الدول الأوروبية
وتساقط الغبار النوى على الأراضي الزراعية كما هو الحال
مع الأتربة أو بفعل المطر .

ووصل الاشعاع النووي الى الانسان فـمـ أوروبا عن
طريق :

• (أ) التعرض الخارجى .

(ب) عن طريق تناول الطعام أو الاستنشاق -
التعرض الخارجى .

وبالنسبة الى منطقة الشرق الأوسط فقد يصل
الينا الاشعاع عن طريق الطعام المستورد .

ولقد تم تشكيل لجان للكشف على سلامة البضائع
والمواد الغذائية الواردة الى منافذ دول الشرق الأوسط
وذلك للتأكد من سلامتها وعدم تلوثها بالاشعاع الناتج
عن حادث المفاعل السوفياتى وذلك للحفاظ على صحة
المواطنين . ويتم ذلك على مرحلتين :

المرحلة الأولى : الكشف السريع على جميع المواد
الغذائية بواسطة أجهزة كشف الاشعاع المتنقلة .

المرحلة الثانية : عندما يكتشف الفريق الأول ارتفاع
فى المستوى الاشعاعى لبعض العينات تنقل هذه العينات
الى معامل المركز النووى لبحوث وتكنولوجيا الاشعاع بمصر

ومعامل كلية الهندسة جامعة الملك عبد العزيز قبل
السعودية وذلك لأجراء التحليل الدقيق لتحديد العناصر
المشعة ونسبة كل عنصر بالعينة .

هذا ولقد تم ضبط العديد من المواد المشعة الملوثة
اشعاعيا الواردة الى مداخل بعض دول الشرق الأوسط .
وتم إعادة هذه المواد الغذائية الى مصادرها ولم يسمح لها
بدخول هذه الدول .

ومن خلال تجميع القياسات الاشعاعية التي تمسك
داخل الاتحاد السوفياتي وخارجيه في أوروبا وأمريكا
واليابان اتضح أن المادة المشعة التي أطلقت في اليوم الأول
للافتجار وصلت الى ١٢ ميجا كوري انخفضت الى ٢
ميجا كوري في اليوم الرابع والخامس ثم ارتفعت مرة
أخرى الى ٧ ميجا كوري في اليوم الثامن والتاسع بعد
الافتجار . ويرجع السبب في زيادة الانبعاث الاشعاعي الى
المحاولة التي تمت لتغطية قلب المفاعل عن طريق قذف
مواد منها الرمل والطين الحبل والخرسانة والبورون
والرصاص بواسطة الطيران العمودي وقد تمت السيطرة
على درجة الحرارة داخل المفاعل بواسطة حقن قلب المفاعل
بالنيتروجين السائل (- ١٤٦ درجة مئوية) .

ومن أهم العناصر التي أطلقت من قبل المفاعل مختصر
السيزيوم - ١٣٧ .

وتقدر كمية المواد المشعة التي أطلقت من السيزيوم
من قلب المفاعل السوفييتي مليون كورى أى نحو
 4×10^{11} بكريل أى ٤٠ ألف مليون مليون بكريل
(والبكريل كما سبق ذكره فى الفصول السابقة هى وحدة
النشاط الإشعاعي ويمثل واحد تحول نووى لكل ثانية) .
ويتميز السيزيوم المشع بأنه يتحول إلى باريوم
متهدج والأخير يتحول إلى عنصر باريوم مستقر مع انبعاث
فوتونات بطاقة ٦٦٠ كيلو إلكترون فولت .

ومن خلال دراسة تأثير السيزيوم المشع على الإنسان
تم الاتفاق بين دول السوق الأوروبية المشتركة على أن يكون
حد السماح بدخول المواد الغذائية على النحو التالى :

١ - اللحم والمواد الغذائية ماعدا اللبن :
حد النشاط الإشعاعي لكل كيلو جرام
٦٠٠ بكريل لكل كيلو جرام

٢ - اللبن : ٣٧٠ بكريل لكل لتر

وكذلك غذاء الأطفال

وتقوم معظم دول الشرق الأوسط بتطبيق توصيات
السوق الأوروبية المشتركة .

وختاماً فإن من فوائده حادثة انفجار مفاعل تشيرنوبل
اهتمام الدول بشراء أجهزة قياس الاشعاع بالبيئة وتدريب
الكوادر على استعمال هذه الأجهزة الفائقة الحساسية

ووضع لوائح وتوصيات بشأن السماح للمواد الغذائية
التي قد تحتوى على مواد مشعة بدخول المداخن " وبالنسبة
الى بعض الدول العربية فقد تشكل مركز رصد اشعاعى
بين مصر وسوريا والعراق والسعودية والاردن بهدف
الى عمل شبكة رصد اشعاعى فى كل دولة من هذه الدول
ومن ثم تعجل على تبادل المعلومات والخبرات فى هذا
المجال .

ولايزال الانسان يتعلم من أخطائه ويستفيد
والله الموفق .

الامارة ١٤/١/١٩٨٧

المراجع العربية

- ١ - د. محمد أحمد جمعة وصلاح مصطفى - الاشعاع الذري - دليل وطرق الوقاية - دار الراتب - لبنان - ١٩٨٤ .
- ٢ - د. محمد أحمد جمعة - تلوث البيئة والاشعاع والأمان - مكتبة الخريجي - الرياض - ١٩٨٥ .
- ٣ - أسس السلامة للحماية من الاشعاع - منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية - سلسلة السلامة رقم ٩ - الوكالة الدولية للطاقة الذرية - مترجم الى العربي - هيئة الطاقة الذرية - مصر .
- ٤ - اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٥٩ لسنة ١٩٦٠ والخاص بتنظيم استخدام الاشعاعات المؤينة بجمهورية مصر العربية .
- ٥ - د . خضر عبد العباس حمزة - الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية - منشورات لجنة الطاقة الذرية العراقية بغداد - ١٩٧٦ .

٦ - د . عدنان مصطفى - الطاقة النووية العربية -
عامل بناء جديد - مركز دراسات الوحدة العربية -
لبنان ١٩٨٣ .

٧ - الدكتور اسماعيل بسيوني هزاع - قصة الذرة ..
المكتبة الثقافية العدد ٢١ - ١٩٦٠ - مصر .

٨ - الدكتور محمد يوسف الشواربي - الذرة في خدمة
الزراعة - المكتبة الثقافية العدد ٣٦ - ١٩٦١ - مصر .

٩ - د . محمد أحمد جمعة - ندوة بقسبم الكيمياء
النووية - هيئة الطاقة الذرية عن جبادثة مفاعل
جزيرة الثلاثة أميال - مارس ١٩٨٠ .

١٠ - د . محمد أحمد جمعة - الجواجز الواقية للنيوترونات
- رسالة العلم ٣٧ ، ١٣٧ ، ١٩٧٠ .

١١ - د . محمد أحمد جمعة - تدريس الفيزياء الصحية
بالجامعات - المؤتمر العربي لتدريس الفيزياء
بالجامعات - ديسمبر ١٩٨٢ - القاهرة أكاديمية
البحث العلمي والتكنولوجيا .

المراجع الأجنبية

1. F.H. Attix, W. C. Roesch, Radiation Dosimetry, Academic Press, 1968.
2. J. Sharpe, Nuclear Radiation Detectors John Wiley, 1964.
3. S. Glasstone and A. Sesonki, Nuclear Reactor Engineering, Van Nostrand Reinhold company, 1967.
4. S. Glasstone and W. H. Jordan, Nuclear Power and its environmental effects, American Nuclear Society, 1982.
5. Safety series No 55.
Planning for off-site Response to Radiation Accidents in Nuclear Facilities, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1981.
6. Safety series No. 57, Generic Models and parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1982.

7. A. Klimov Nuclear Physics and Nuclear Reactors; Mir Publishers, Moscow, translated to English, 1975.
8. Constitution of International Radiation Physics Society, 1986.
9. R. F. Mould, Radiation Protection in Hospitals, Adam Hilger Ltr., 1985.

الفهرس

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٣
الأشعاع	٥
الاشعة	٩
الاشعة الكهرومغناطيسية	١١
الانارة	١٥
التاين	١٧
المصادر المشعة	١٩
التفاعلات النووية	٢٠
الخطر الاشعاعى	٢٢
الكورى وحدة النشاط الاشعاعى	٢٦
ثابت التحول النووى	٢٨
نصف العمر	٢٩
البكرل	٣١
كيز النشاط الاشعاعى فى الهواء	٣٢
كيز المواد المشعة فى التربة	٣٣

الصفحة	الموضوع
٣٤	تركيز المواد المشعة في الماء
٣٧	تفاعل الاشعاع مع المواد
٣٨	الاشعاع الموجي
٤٠	الاشعاع الموجي المؤين
٤٥	تفاعل الاشعاع الجسيمى مع المواد
٤٦	أشعة ألفا
٤٧	أشعة بيتا
٤٨	البروتونات
٥٠	الجسيمات المنشطرة
٥١	تفاعل النيوترونات مع المواد
٥٣	تفاعل الاشعاع مع الخلايا
٥٥	الكواشف الاشعاعية
٥٩	الوقاية من الاشعاع
٦٠	أشعة ألفا
٦٢	أشعة بيتا
٦٣	أشعة اكس
٦٦	أشعة جاما
٦٨	النيوترونات
٧٠	وحدة التعرض الاشعاعى - الرونتجون
٧١	معدل التعرض الاشعاع - رونتجون لكل ساعة

الموضوع الصفحة

٧٢	ثابت جاما
٧٥	قانون التربيع العكسى
٧٧	التعرض الكلى
٧٨	الحواجز الواقية من الاشعاع
٨١	التعرضات
٨٣	وحدة الجرعة المتصلة - الراد
٨٤	وحدة الجرعة المتصلة - الجراى
٨٦	الريم - وحدة الجرعة المكافئة
٨٨	السيقرت وحدة الجرعة المكافئة المستحدثة
٩٠	السلامة فى مجال الاشعاع
٩٢	الترخيص الشخصى
٩٣	الترخيص المكانى
٩٤	تبرير الممارسة
٩٦	الوقاية الأمثل
٩٧	نظام حد الجرعة
٩٩	التعرضات الاشعاعية
١٠٠	التعرضات المهنية
١٠٣	التعرضات الطبية
١٠٤	تعرضات الأفراد من الجمهور
١٠٥	التعرضات عند الحوادث والطوارئ

الموضوع	الصفحة
بعض مصادر الاشعاع - الاشعاع بالطبيعة	١٠٦
ماكينات الأشعة السينية	١٠٨
مصادر الكوبالت المشع	١١٠
وحدة الكوبالت المشع	١١٣
وحدة جاما التشعيعية	١١٥
وحدة الخزن الوقود النووي	١١٦
وحدة السيزيوم ١٣٧	١١٨
اليود - ١٣١	١٢٠
الذهب المشع	١٢٢
الصوديوم المشع	١٢٣
أبر الراديوم	١٢٤
الكاليفورنيوم ٢٥٢	١٢٦
المفاعل النووي	١٢٨
مفاعلات البحوث	١٣٢
ادارة الطاقة الذرية مركز البحوث النووية	١٣٣
المركز القومي لبحوث وتكنولوجيا الاشعاع	١٣٤
هيئة الطاقة الذرية المصرية	١٣٥
مؤسسة الطاقة الذرية	١٣٦
محطات القوى النووية لتوليد الكهرباء	١٣٧
الكفاءة الحرارية للمحطة	١٣٩

الموضوع	الصفحة
السعة الكهربائية لمحطة توليد نووية	١٤١ . . .
تراخيص محطات القدرة النووية	١٤٢
سلامة المحطات النووية	١٤٥
الدفاع فى العمق	١٤٧
حسن اختيار الموقع	١٥١
المنطقة المقيدة	١٥٢
منطقة التخطيط للطوارئ	١٥٤
المسافة من مركز سكانى	١٥٥
خطط الطوارئ	١٥٦
خطط الطوارئ خارج موقع المحطة النووية	١٥٨ .
حوادث المحطات النووية	١٦١
حادثة مفاعل « جزيرة الثلاثة أميال »	١٦٤ . .
حادثة مفاعل تشيرنوبل	١٦٨
اعلان حادثة مفاعل تشيرنوبل	١٧٠
الحادثة	١٧٢
حوادث نووية أخرى	١٨٥
حادثة وحدة الكوبالت المشع	١٨٧
نقل الوحدة	١٩٢

الموضوع	الصفحة
الحادثة	١٩٣١
التعليق	١٩٦
الجديد في مجال انفجار مفاعل تشير نوبل	٢٠٠
المراجع العربية	٢٠٥
المراجع الأجنبية	٢٠٧

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٨٧/٤٥٣٧

ISBN - ٩٧٧ - ٠١ - ١٢٤ - ٣

Bibliotheca Aevadruma



0310474

